

Mestrado Integrado em Arquitectura e Urbanismo

METODOLOGÍAS BIM APLICADAS EN EL PATRIMONIO

Rubén Gómez Teixeira

Vila Nova de Cerveira, septiembre de 2019

Mestrado Integrado em Arquitectura e Urbanismo

METODOLOGÍAS BIM APLICADAS EN EL PATRIMONIO

Rubén Gómez Teixeira

Orientadoras: Prof.^a Doctora Goreti Sousa y Prof.^a Doctora Ana Lima

Vila Nova de Cerveira, septiembre de 2019

PREÁMBULO

Esta disertación está integrada en la asignatura *A50.Projeto. dissertação do Mestrado Integrado em Arquitectura e Urbanismo*, que ha sido desarrollado en la Escola Superior Gallaecia de Vila Nova de Cerveira. Esta tesis pertenece al candidato Rubén Gómez Teixeira, nº 271-01 y ha sido realizado durante el curso 2018/2019, teniendo como orientadoras a la Profesora Doctora Ana Lima y a la Profesora Doctora Goreti Sousa.

La investigación que se presenta se ha basado en “metodologías BIM aplicadas en el patrimonio”. Esta investigación no pretende definir o relatar los usos de ningún tipo de software, o sus metodologías de trabajo. Sino que analiza, detalla, define y compara las metodologías BIM y la aplicación de estas a proyectos de patrimonio, así como, el marco legal y teórico del patrimonio. Con ella se intenta dar a conocer el potencial de estas aplicaciones y el inmenso valor que pueden aportar al patrimonio mundial y su conservación, mostrándolo a través de diferentes ejemplos de uso.

AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento a mis orientadoras, la profesora Doctora Ana Lima y a la Profesora Doctora Goreti Sousa, por su apoyo y comprensión de mi situación durante la realización de este trabajo, así como todos sus consejos que han sido de gran ayuda para la realización de esta tesis.

A la arquitecta María Pascual Sáez, porque sin ella, esto nunca habría sido posible, por sus consejos, sobre todo por su tozudez para decirme que “sí” cuando yo decía que “no” y hacerme creer en que todo esto era posible. Al resto de arquitectos y técnicos que me facilitaron sus trabajos y estudios de forma cordial y amable.

A mi pareja Noemia y a mi hijo Xabi, porque sin ellos jamás hubiese llegado hasta aquí. Al resto de mi familia, amigos, y compañeros de trabajo por todo su apoyo a lo largo de estos años.

Gracias a todas y todos.

RESUMEN

La aparición del BIM (Building Modeling Information), está suponiendo una transición o evolución en el mundo de la arquitectura, la ingeniería y la construcción (AEC), hacia un entorno de trabajo diferente, lo que necesariamente implica, inseguridades, dudas, miedos y desconocimiento de las partes implicadas en el uso de estas metodologías. Las metodologías BIM suponen un cambio disruptivo en el mundo de la arquitectura, en como esta se organiza y en la realización de los proyectos que a esta le competen. La necesidad de impulsar la arquitectura hacia un marco más controlado, colaborativo y completo, hace que la utilización de estas metodologías se vuelvan una necesidad fundamental, tanto para los profesionales de la arquitectura como para los de otros campos de estudio relacionados con esta.

Por otra parte, dar respuesta desde una visión normativa a los nuevos usos del patrimonio, controlarlos y hacer que estos funcionen en un entorno de sostenibilidad para su conservación y transmisión entre generaciones es, a día de hoy, uno de los puntos de mayor controversia y preocupación, lo que hace que la confluencia de estas dos situaciones se antoje necesaria para la subsistencia y evolución de ambas.

Para dar respuesta a los objetivos se define un marco normativo que ayude a entender el entorno de las metodologías BIM y como estas se aplican sobre diferentes tipos de proyectos de patrimonio, tratando de delimitar claramente el concepto de metodología BIM para evitar su confusión con softwares basados en estas metodologías.

La metodología utilizada para la realización de este estudio consiste en la complementación y comparación de diferentes estrategias para la creación de un marco teórico que sustente un conocimiento más amplio, objetivo y completo de las situaciones de estudio. La gestión de la información se realiza mediante su desglose y las fuentes de que proviene para su categorización y clasificación, ayudando así, a potenciar y valorizar el desarrollo, la estructura y las conclusiones de la investigación.

Como punto final a la investigación, destacar entre las conclusiones generales, la aplicación de las metodologías BIM en el patrimonio, son y serán, sin duda, el mejor vehículo hacia la conservación y la sostenibilidad de este, y entre las conclusiones particulares, cabe decir que la evolución hacia un marco de trabajo colaborativo ayudará a impulsar la creación de un sector mucho más especializado, completo, preparado y competitivo.

Palabras-clave: BIM, Patrimonio, metodología, marco colaborativo

RESUMO

O surgimento do BIM (Building Modeling Information), implica uma transição ou evolução no mundo da arquitetura, engenharia e construção (AEC), para um ambiente de trabalho diferente, o que implica necessariamente, inseguranças, dúvidas, medos e desconhecimento pelas partes envolvidas na utilização destas metodologias. As metodologias BIM representam uma mudança disruptiva no mundo da arquitetura, na forma como esta é organizada e na realização dos projetos que competem com ela. A necessidade de impulsionar a arquitetura para um quadro mais controlado, colaborativo e completo, faz com que o uso dessas metodologias seja uma necessidade fundamental, tanto para os profissionais da arquitetura quanto para os de outros campos de estudo relacionados com este.

Por outro lado, respondendo numa perspectiva normativa aos novos usos do património, controlando-os e fazendo-os trabalhar num ambiente de sustentabilidade para a conservação e transmissão entre gerações é, hoje, um dos pontos mais importantes e controversos. A preocupação que torna necessária a confluência dessas duas situações para a subsistência e a evolução de ambas.

Para responder aos objetivos, é definido um marco regulatório que ajuda a entender o ambiente das metodologias BIM e como elas são selecionadas em diferentes tipos de projetos patrimoniais. Tentando delimitar claramente o conceito de metodologia BIM para evitar confusão com software baseado nessas metodologias.

A metodologia utilizada para a realização deste estudo consiste na complementariedade e comparação de diferentes estratégias para a criação de um referencial teórico que apoie um conhecimento mais amplo, objetivo e completo das situações em análise. A gestão das informações é realizada pela distribuição das informações e das fontes a partir das quais se trata de categorizar e classificar, contribuindo assim para o aprimoramento e a melhoria do desenvolvimento, estrutura e conclusões da investigação.

Destacam-se entre as conclusões gerais, que a aplicação de metodologias BIM no património, são e serão, sem dúvida, o melhor veículo para a conservação e sustentabilidade do mesmo. Entre as conclusões particulares, pode dizer-se que a evolução para um quadro colaborativo ajudará a impulsionar a criação de um setor muito mais especializado, completo, preparado e competitivo.

Palavras chave: BIM, património, metodologia, quadro colaborativo

ABSTRACT

The emergence of BIM (Building Modeling Information) is implying a transition or evolution in the world of architecture, engineering and construction (AEC), towards a different work environment, which necessarily implies, insecurities, doubts, fears and ignorance of the parties involved in the use of these methodologies. BIM methodologies represent a disruptive change in the world of architecture, in how it is organized and in the projects implementation that compete with it. The need to drive architecture towards a more controlled, collaborative and complete framework, makes the use of these methodologies a fundamental requirement, both for architectural professionals and for those in other fields of study related to this.

Furthermore , responding from a policy vision to the new uses of heritage, controlling them and making them work in an environment of sustainability for conservation and transmission between generations is, today, one of the biggest controversy and concern which makes the confluence of these two situations necessary for the subsistence and evolution of both.

In order to respond to the objectives, a regulatory framework defined that helps to understand the environment of BIM methodologies and how they are chosen on different types of heritage projects. Tempting to clearly delimit or grant BIM methodology to avoid confusion with software based on any methodologies.

The methodology used for the realization of this study consists in the complementation and comparison of different strategies for the creation of a theoretical framework that supports a broader, objective and complete knowledge of the study situations. The management of the information is carried out by the breakdown of the information and the sources from which it comes for categorization and classification, thus helping to enhance and enhance the development, structure and conclusions of the study.

In conclusion to the study, highlight among the general conclusions, that the application of BIM methodologies in heritage, are and will undoubtedly be the best vehicle for conservation and sustainability of the heritage. Among the particular conclusions, it can be said that the evolution towards a collaborative framework will help to drive the creation of a much more specialized, complete, prepared and competitive sector.

Key words: BIM, Heritage, methodology, collaborative framework

ÍNDICE

| | |
|---|-----|
| Preámbulo..... | 7 |
| Agradecimientos | 9 |
| Resumen..... | 11 |
| Resumo..... | 13 |
| Abstract..... | 15 |
| Índice | 17 |
| Índice de abreviaturas..... | 19 |
| 1. JUSTIFICACIONES INICIALES..... | 23 |
| 1.1 Contextualización de la investigación y Justificación de la problemática..... | 25 |
| 1.2 Objetivos | 29 |
| 1.3 Metodología aplicada | 31 |
| 1.4 Estructura de contenidos..... | 35 |
| 2. MARCO TEORICO | 37 |
| 2.1 Definición y características del patrimonio edificado..... | 39 |
| 2.1.1 Intervención en el patrimonio edificado | 41 |
| 2.1.2 Metodologías y procesos, gestión en el patrimonio edificado | 45 |
| 2.2 ¿Qué es BIM? | 49 |
| 2.2.1 Metodologías, procesos y estándares BIM..... | 63 |
| 2.2.2 BIM vs CAD | 73 |
| 2.3 El patrimonio edificado y su conservación | 77 |
| 2.3.1 Problemática para la conservación del patrimonio edificado y aplicación del BIM. | 81 |
| 2.3.2 Medidas para la conservación del patrimonio edificado a través del BIM. | 89 |
| 3. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA | 93 |
| 3.1 El patrimonio edificado a través de las metodologías BIM..... | 95 |
| 3.2 Metodologías BIM aplicadas al patrimonio edificado. URBIM..... | 106 |
| 3.2.1 HBIM y sus aplicaciones..... | 119 |
| 4. CONCLUSIONES DE LA INVESTIGACIÓN..... | 127 |
| 4.1 Conclusiones generales | 129 |
| 4.2 Conclusiones particulares | 133 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 139 |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | 145 |

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

AEC: Del inglés, *Architecture, Engineering & Construction*, Arquitectura, ingeniería y construcción.

BIM: Del inglés, *Building Information Modeling*, Modelado de Información de Construcción.

BXP: Del inglés, *BIM Execution Plan*, Plan de Ejecución BIM.

CDE: Del inglés, *Common Data Environment*, Entorno de Datos Comunes.

DSR: Del inglés, *Design Science Research*, Investigación científica basada en el diseño.

EIR: Del inglés, *Employer Information Requirements*, Requisitos de información del empleador.

GIS: Del inglés, *Geographic Information System*, Sistema de Información Geográfica.

HBIM: Del inglés, *Historic building information modelling*, Modelado de Información de Construcción histórica o patrimonial.

IFC: Del inglés, *Industry Foundation Classes*, es un modelo de datos estándar y abierto, utilizado en la industria de la construcción sin traducción literal.

ISO: Del inglés, *International Organization for Standardization*, Organización internacional para la estandarización.

LOD: Del inglés, *Level of Development*, Nivel de desarrollo o detalle.

LOI: Del inglés, *Level of Information*, Nivel de información.

MIDP: Del inglés, *Master Information Delivery Plan*, Plan general de entrega de información.

MM: Del inglés, *Mobile Mapper*, Mapa móvil.

PAS: Del inglés, *Publically Available Specification*, Especificación disponible públicamente.

PetroBIM: Software basado en tecnología y metodología BIM.

PLM: Del inglés, *Product Lifecycle Management*, Gestión del Ciclo de Vida del Producto.

RV: Realidad virtual.

SNUR: Suelo No Útil para el Recreo.

SUR: Suelo Útil para el Recreo.

UAV: Del inglés, Unmanned Aerial Vehicle, vehículo Aéreo no Tripulado.

URBIM: abreviatura para definir la nomenclatura de la aplicación de BIM a urbanismo.

VIZ: Metodología basada en la visualización arquitectónica.

1. JUSTIFICACIONES INICIALES

1.1 CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN Y JUSTIFICACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

En la última década, y cada vez de manera más clara y rápida, se están estableciendo nuevas tendencias en cuanto a las metodologías y al trato de la información desprendida de los proyectos de arquitectura. Se ha pasado de entornos de trabajos individualizados y aislados, donde cada sujeto participante en cualquier fase o parte de un determinado proyecto arquitectónico no colaboraba ni aportaba nada al resto de partes participantes, a un entorno completamente colaborativo, como lo es el BIM (Building Modelling Information), en donde la gestión de la información es el nexo de unión de todos los participantes en un proyecto, tanto en el espacio como en el tiempo.

Esta nueva metodología engloba las fases de diseño, construcción y mantenimiento en un único modelo de trabajo, de este modo, toda la información, técnica y descriptiva, generada por todos los agentes implicados en el proyecto está siempre a disposición de todos, creando así un vínculo del que se desprende un modelo analítico muchísimo más preciso, exacto y completo en términos de eficiencia de proyecto.

El BIM entendido como un sistema de información digital significa el avance hacia una nueva metodología de trabajo en el ámbito de la arquitectura y la gestión de proyectos, por ello, la aplicación de esta tecnología al patrimonio proporcionará un avance más que significativo en cuanto al análisis, conservación y difusión de la arquitectura.

La creación y desarrollo de un modelo 3D inteligente en el que se engloben las etapas temporales y las diferentes disciplinas participantes en un proyecto arquitectónico relacionado con el patrimonio, como pueden ser la arqueología, arquitectura, restauración, geología, historia, etc., será un valor fundamental para documentar, mantener y preservar el patrimonio arquitectónico en el futuro.

Para poder explicar la evolución que tendrá lugar con la aplicación de las metodologías BIM al patrimonio construido, se deben analizar y comparar las bases y criterios que definen el BIM, frente a su predecesor, el CAD (Computer Aided Design), como herramienta para el desarrollo y elaboración de proyectos, puesto que sin el análisis crítico y detallado de la metodología predecesora, sería imposible cuantificar, cualificar y detallar el salto y los avances tan gigantescos que supondrá la aplicación de esta tecnología sobre los proyectos de patrimonio edificado.

La aplicación de metodologías BIM en el patrimonio es una unión que por fuerza convergerá en la mejora de la información para futuras propuestas, así como en una gestión de la información más heterogénea y colaborativa (Ciribini, Ventura, & Paneroni, 2015). La implementación de la tecnología BIM a los proyectos relacionados con el patrimonio supondrá una mejora de todas las fases relacionadas con los proyectos y con el propio edificio, su estado, historia, conservación, etc. (Pocobelli, Boehm, Bryan, Still, & Grau-Bové, 2018)

El salto cualitativo y cuantitativo es tan mayúsculo, que se ha generado una corriente de escepticismo en el mundo de la arquitectura, creando división entre aquellos que apuestan por el modelo ya existente, y de sobra conocido de gestión de proyectos (CAD), frente a los que han conocido BIM y son conocedores de la infinita capacidad que el BIM puede aportar a la arquitectura, y que definitivamente desbancará al CAD, y metodologías similares, ya obsoletas (Jimenez Abós, 2014). Claro ejemplo de ello es que el BIM se ha convertido en herramienta obligatoria en muchos países del mundo en proyectos de ámbito público, por ejemplo, en Europa, ya se ha creado la directiva europea sobre contratación pública (EUPPD) 2014/24/EU que recomienda el uso preferente de la tecnología BIM en todos los países de la Unión a partir de 2016.

La aparición de nuevas tecnologías no implicará necesariamente la desaparición de la profesión (Tommasi, Achille, & Fassi, 2016), pero si una reorganización del papel que el arquitecto jugará dentro de la organización y realización de los proyectos de arquitectura (Pocobelli, 2015). El nacimiento de nuevas fases y formas de estudio dentro de los proyectos, y la complejidad de las diferentes disciplinas implicadas en el patrimonio, creará un nuevo mundo de compilación, colaboración y gestión de información, que solo mediante la creación de unos estándares metodológicos adecuados podrá ser debidamente utilizada (Cheng, Yang, & Yen, 2015; Fai, Graham, Duckworth, Wood, & Attar, 2011).

Tal y como han tratado diferentes autores, como Aubin (2013) o Garber (2014), el BIM no ha de ser de uso exclusivo de los arquitectos, podrá englobar a muchos más profesionales distribuidos en nuevos campos laborales surgidos gracias a la aparición de estas metodologías. El BIM supondrá el paso definitivo hacia una arquitectura mucho menos errónea (Kensek, 2014), mejor organizada, mucho más colaborativa, y que pondrá en contacto, no solo a diferentes profesionales, sino a diferentes culturas y épocas temporales (Ciribini et al., 2015).

La necesidad de explicar la aplicación de las metodologías BIM al patrimonio construido nace de dos problemas tan alejados como comunes en cuanto a solución, el primero, caer en el error de criticar o dar mal uso, por desconocimiento, de aquello que se trata, y el segundo, la falta de criterio a la hora de aplicar soluciones arquitectónicas por falta de información acerca del bien o edificio que se trata (Alfonso Ippolito, 2017; UNESCO, 2013). La más que reciente aparición de esta metodología hace que la falta de referencias históricas, o de su uso, sea muy

reducida, pero no por ello poco interesante, de hecho, existen referencias, las cuales serán tratadas, tan singulares como clarificadoras, de hacia dónde evoluciona el mundo de la arquitectura y el patrimonio (Arayici et al., 2017; Tapponi, Kassem, Kelly, Dawood, & White, 2015).

La dicotomía que se generará en el patrimonio con la aplicación del BIM no va a hacer más que enriquecer el patrimonio cultural y la conservación del mismo (Megahed, 2015), creando un marco común nunca antes visto en ninguna otra disciplina en la que fuese necesaria la creación de un “reglamento internacional” o manual común a todos los países del mundo (Dore & Murphy, 2012; Zheliazkova, Naboni, & Paoletti, 2015).

1.2 OBJETIVOS

Los objetivos a los que se pretende dar respuesta en esta investigación son los siguientes:

1. Identificar las metodologías BIM y sus diferentes aplicaciones en proyectos arquitectónicos sobre el Patrimonio edificado.

Con este objetivo se pretende dar a conocer las metodologías BIM, además de mostrar el cómo y el por qué estas deben usarse en los proyectos de arquitectura aplicados sobre el patrimonio. También se intenta definir como las aplicaciones BIM ayudarán a preservar el patrimonio y que este pueda transmitirse de generación en generación ayudando a potenciar y dar sentido a la cultura propia de cada lugar, así como, mostrarlo a otras personas y en otros contextos, ayudando a potenciar el patrimonio, todas sus formas y tipos, y las particularidades de estos.

2. Generar especificaciones documentales para la elaboración de proyectos arquitectónicos sobre el patrimonio edificado.

A través de este objetivo se busca el establecer las metodologías BIM como elemento vertebrador en el desarrollo de proyectos de patrimonio para ayudar a generar especificaciones documentales muchísimo más precisas, verídicas y polivalentes a la hora de realizar proyectos de intervención sobre el patrimonio edificado. Así mismo también se pretende que estas especificaciones ayuden a generar modelos de gestión de información que puedan ser utilizados por los diferentes gremios de profesionales intervinientes en los proyectos sobre el patrimonio, pertenecientes a diferentes disciplinas y ámbitos, es decir, desde los técnicos de los diferentes estamentos públicos, hasta los intervinientes en un proyecto de arquitectura, restauración o arqueología.

1.3 METODOLOGÍA APLICADA

La metodología para la realización del estudio se basa en el modelo de estudio de la estrategia de simulación (Groat & Wang, 2013) y la práctica reflexiva (Sattrup, 2012, Ciribini et al., 2015), que utilizan métodos y estrategias similares para la construcción del marco conceptual pero que llegan a puntos diferentes del conocimiento, lo cual, es de gran ayuda para una obtención de resultados más completos y de mejor calidad. Mientras Groat & Wang (2013) solo consideran que la búsqueda es un proceso analítico para llegar a conocimientos explícitos o prácticos, Sattrup (2012) denomina esta búsqueda como “creación de conocimiento”, ya que, según él, el concepto de búsqueda no está formado únicamente por el proceso analítico, sino que este incluye los procesos sociales, según Sattrup la importancia de los procesos sociales en la creación de conocimiento está directamente relacionada con la búsqueda del diseño.

En este proceso de búsqueda de conocimiento, Sattrup (2012) establece tres fases, siendo la segunda la elegida para la realización de este estudio puesto que es la que más se adapta al tema a abordar. En la segunda fase de este tipo de estudio se realiza un acercamiento cualitativo a la información, lo cual nos llevará al estudio de las técnicas y metodologías utilizadas actualmente en los proyectos relacionados con el patrimonio edificado y también como se aplican y aplicarán las metodologías BIM a estos mismos proyectos, además de comparar y entrelazar ambas metodologías y sus procesos, técnicas y conocimientos. En esta segunda fase se explica el uso necesario de la metodología emergente BIM para llegar a espacios de conocimiento nunca antes alcanzados con metodologías predecesoras.

Para llegar al conocimiento explícito del valor que estas nuevas metodologías aportaran a los proyectos de patrimonio se explica el uso de ambas metodologías, a través de la socialización, internalización, externalización y combinación de estas en base a los proyectos de patrimonio.

Este proceso se realiza combinándolo con la teoría de Glaser & Strauss (1967) para la comparación y codificación de la información. Según estos se debe realizar la recogida o recolección de información, se identificarán las temáticas, ideas y conceptos basados en esta información y tras esto se realiza una revisión y comparación de esta información en base a otros datos relativos a este tema que también se recolectan, y por último se confirma, descarta, redefine y elaboran temas, conceptos o ideas que ayuden a construir el marco teórico que soporte estos datos (Taylor, Bogdan, & DeVault, 2016).

El desarrollo de este estudio se divide en dos fases o partes, la segunda descrita arriba, mediante la estrategia de simulación y practica reflexiva y la primera, para la correcta clasificación y gestión de la información, se lleva a cabo a través de la obtención y recopilación de información

referente al estudio. Para ello, se utilizan dos técnicas complementarias entre sí, para la potenciación de la información obtenida. La primera técnica que se utiliza es el análisis documental (Albarello,1997) y el segundo es el análisis y clasificación de las fuentes documentales en base a la categorización de Saint Georges (1997) mostrada en el siguiente cuadro. Teniendo en cuenta el modelo de Saint Georges (1997), para la realización del estudio las fuentes no escritas consultadas y aportadas han sido los estudios realizados en Ayacucho, en el conjunto de la ciudad, en su patrimonio y las conversaciones mantenidas con María Pascual, BIM manager del estudio C95 Creative, autores de las actuaciones realizadas en Ayacucho.

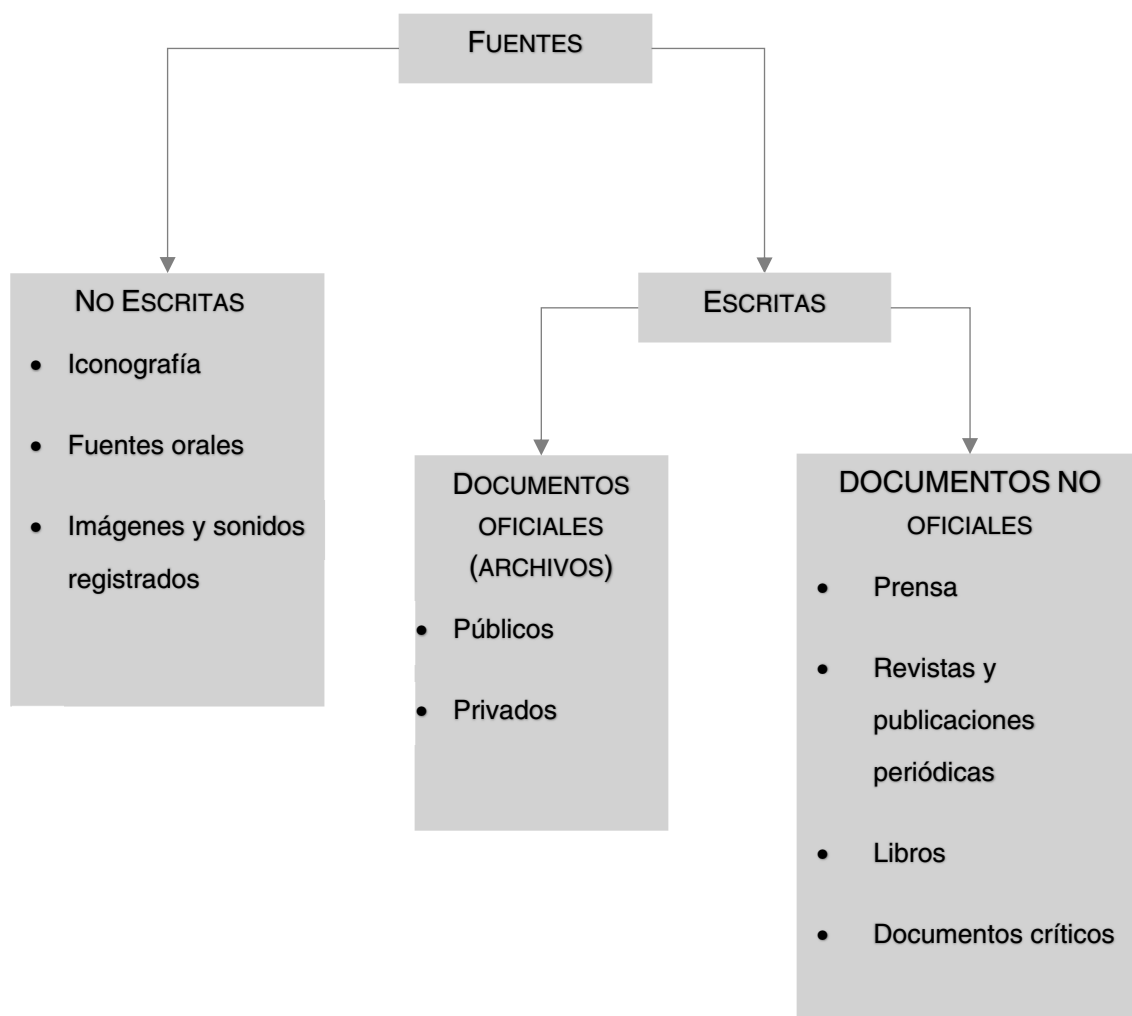


FIGURA 1. Interpretación propia del cuadro de tipologías de fuentes documentales de Saint-Georges (1997)

En relación a las fuentes escritas basadas en documentación oficial, se han consultado los artículos, textos, declaraciones y libros escritos por la UNESCO y el ICOMOS, además de las diferentes normativas relacionadas con el BIM, aplicadas bajo marcos normativos en diferentes países y continentes.

En referencia a fuentes escritas basadas en documentación no oficial, la información se ha obtenido de dos formas diferentes, la relacionada con BIM, a través de entradas de blogs, webs, y escritos críticos de opinión de cuál es la situación actual del BIM y de ¿qué es? y que representa BIM.

La otra parte de esta documentación no oficial, se obtuvo gracias a la colaboración de diferentes personas, como profesionales del patrimonio y restauro, como el Sr. Jorge García Valdecabres, del Instituto de Restauración del Patrimonio (UPV, España), profesionales de la arquitectura y la metodología BIM que facilitaron su bibliografía, como Paul M. Aubin (2013) o Alberto Armisén Fernández, creador de la aplicación PetroBIM, y miembro de la asociación BuildingSMART Spanish Chapter.

1.4 ESTRUCTURA DE CONTENIDOS

En el Capítulo 1, *Justificaciones iniciales*, se presenta la *introducción*, siendo un capítulo de exposición a la presente disertación. Para ello, se realiza una breve *contextualización de la investigación*, a continuación, se expone la *justificación de la problemática* y se definen los *objetivos* a los que se pretende dar respuesta esta disertación. Posteriormente, se establece la *metodología aplicada* para el desarrollo del contenido y finalmente se muestra la *estructura de contenidos*.

En el Capítulo 2, *Marco Teórico*, se introducen la *definición y características del Patrimonio Edificado* abordando la *intervención en el Patrimonio Edificado y las Metodologías y procesos, gestión en el patrimonio edificado*, tras esta introducción al Patrimonio Edificado, comienza el marco teórico de la metodología objeto de estudio con *¿Qué es BIM?, Metodologías, procesos y estándares BIM, y la presentación de la problemática BIM vs CAD*.

Estos puntos dan lugar a una tercera parte del marco teórico que se podría establecer como un punto intermedio, en donde se aborda la conjunción de los contenidos presentados, a través del BIM en, *El patrimonio edificado y su conservación, Problemática para la conservación del patrimonio edificado y aplicación del BIM y Medidas para la conservación del patrimonio edificado a través del BIM*. Encuadrando la aplicación de la metodología que se describirá en el capítulo 3.

En el Capítulo 3, se lleva a cabo la aplicación de la metodología presentada en dos partes diferenciadas, la primera *El patrimonio edificado a través de las metodologías BIM.*, presenta el conjunto de cómo se aplican las metodologías BIM, y la segunda parte, *Metodologías BIM aplicadas al patrimonio edificado. URBIM y HBIM y sus aplicaciones*, muestran las aplicaciones prácticas del BIM desde el punto de vista de dos casos de estudio basados en metodologías BIM,

En el capítulo 4, se presentan las conclusiones de la investigación, divididas en *Conclusiones particulares y Conclusiones generales*, en donde se presentan las conclusiones obtenidas de la realización de este estudio.

Y, por último, se encuentran las referencias bibliográficas y el índice de las figuras parte de la investigación.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL PATRIMONIO EDIFICADO

El concepto de Patrimonio Cultural fue creado por la UNESCO en 1972, durante la *Convención sobre la protección del Patrimonio Mundial cultural y natural*. Es a partir de este momento cuando se comienza a legislar en torno a la idea de que existen patrimonios cuya importancia trasciende más allá del lugar donde se encuentran, y poseen un valor global para toda la humanidad. Entendiendo que el Patrimonio Edificado se engloba dentro del Patrimonio Cultural, este absorbe para sí las mismas definiciones, es decir, se considerarán Patrimonio Edificado los bienes tangibles, intangibles, materiales e inmateriales que hayan sido producto de la creatividad humana. También será aplicable la definición para su conservación, en donde la responsabilidad de su conservación y transmisión generacional recaerá en las propias personas y culturas encargadas de su conservación (UNESCO, 1972).

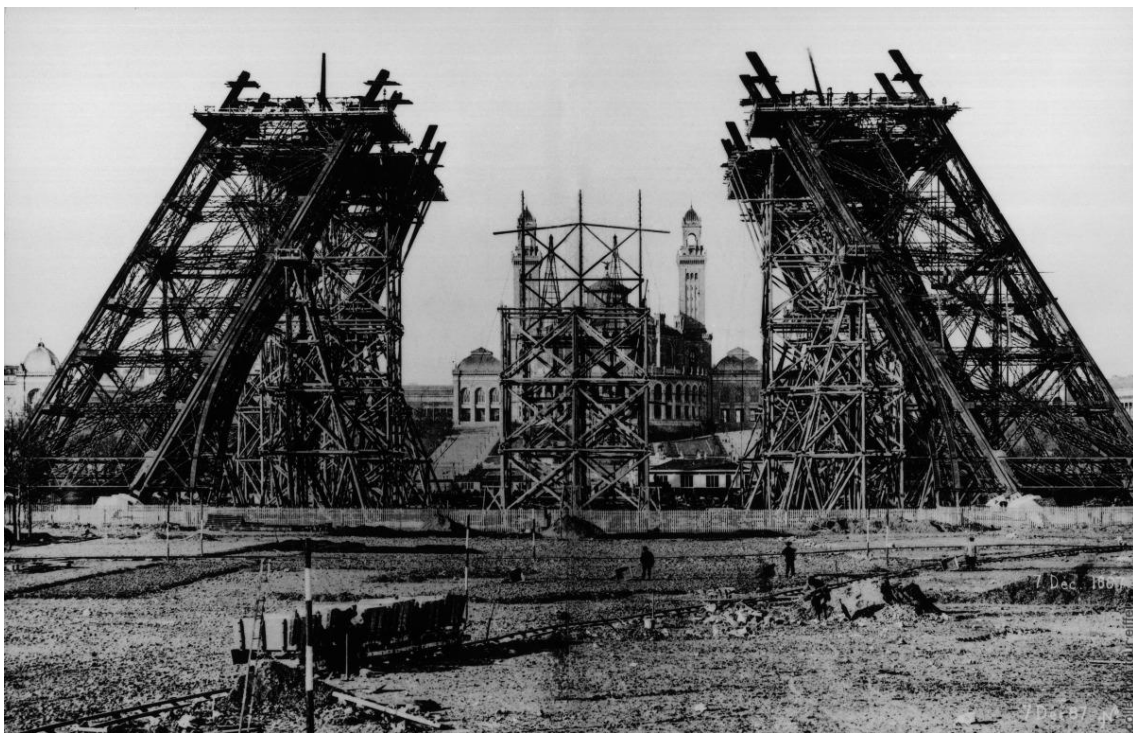


FIGURA 2: Torre Eiffel, Paris

La UNESCO (2013) considera el Patrimonio Edificado como un producto o proceso capaz de proveer a las generaciones y sociedades actuales de innumerables recursos provenientes de generaciones pasadas, que se suman a los recursos generados en el presente, para enriquecer más a las generaciones futuras a las que sea transmitido (Figura 2). Considera que estos recursos heredados son una “riqueza frágil”, y que ante la posibilidad de su desaparición, se han de aplicar modelos políticos y de desarrollo que los preserven (UNESCO, 2013).

La integración de estos modelos de desarrollo social y político definirán la gestión y desarrollo de los espacios urbanos y los edificios del futuro. También serán de capital importancia los avances tecnológicos que se produzcan, pues la suma de estos, y la aplicación de los modelos anteriores, definirán los usos y funciones de estos a lo largo de su historia, así como, las transformaciones que estos puedan sufrir en el tiempo (UNESCO, 2013).

De estos principios se extrae que ningún urbanismo o edificio es simplemente su estado actual, sino que su definición viene dada por los espacios, los usos y los estados que han conformado toda su vida útil. Por este motivo se antoja fundamental la construcción de un marco teórico que permita integrar, conocer y documentar todo aquello que haya sucedido a lo largo de la vida útil de un lugar o edificio, para su correcta clasificación y gestión en el futuro (UNESCO, 2014).

Basándose en los escritos de la UNESCO en relación a los *indicadores UNESCO de cultura para el desarrollo*, se puede decir que el Patrimonio Edificado afronta, afrontará y se verá afectado, por los mismos problemas que afrontan los humanos, como el cambio climático, conflictos étnicos, migratorios, especulativos, económicos, desigualdad, etc. Por ello, la UNESCO (2013) considera que el patrimonio puede y debe ser utilizado como elemento vertebrador para la solución a estos problemas.

El patrimonio ha de ser el elemento esencial y conector de las sociedades y las culturas para el desarrollo de estas, como se cita en los párrafos anteriores, el Patrimonio contribuye a la definición, desarrollo y evolución de las culturas y por ende de sus gentes, funcionando como apoyo para la transmisión y difusión de experiencias y conocimiento entre generaciones actuales y futuras. También contribuirá a la evolución e innovación de los elementos que se creen en un futuro con respecto a los ya existentes. El patrimonio tiene y tendrá la capacidad de impulsar y facilitar la diversidad cultural y el disfrute de esta. El patrimonio puede y debe impulsar a las sociedades, tanto colectivamente como individualmente, siendo este un arma fundamental para la cohesión y potenciación de un capital social (UNESCO, 2013).

2.1.1 INTERVENCIÓN EN EL PATRIMONIO EDIFICADO

Desde la Carta de Atenas (1931), en donde se estableció que la mejor garantía para la conservación de los monumentos viene del afecto y del respeto del pueblo, se recomienda destinar los bienes patrimoniales a una función útil para la sociedad, hasta la Carta internacional de Turismo Cultural (ICOMOS, 1999) en donde se recomendaba el uso público del Patrimonio para ensalzarlo e impulsar su conservación, buscando así, la mejor manera de gestionarlo y conservarlo.

En los últimos años se ha producido, en muchas ciudades y lugares de interés turístico con gran cantidad de elementos patrimoniales, un crecimiento enorme del número de turistas que visitan estos lugares, de ahí la necesidad de una gestión sostenible y responsable del mismo, en donde, se lleve a cabo un trabajo de conservación y gestión que ayude a la minimización del impacto negativo de las visitas masificadas, y la mejora de la calidad de dichas visitas para una experiencia mejorada (Hernández, Vaquero y García, 2011). Debido a estos condicionantes, se antoja fundamental el desarrollo de herramientas, técnicas y métodos para la conservación del patrimonio y la gestión del turismo en el mismo. El control sobre el número de visitantes es uno de los puntos de mayor relevancia, pues afecta a la conservación del patrimonio, la congestión del lugar y la calidad de la visita para los turistas en el aspecto físico y psicológico (Viñals, Morant, & Teruel, 2014).

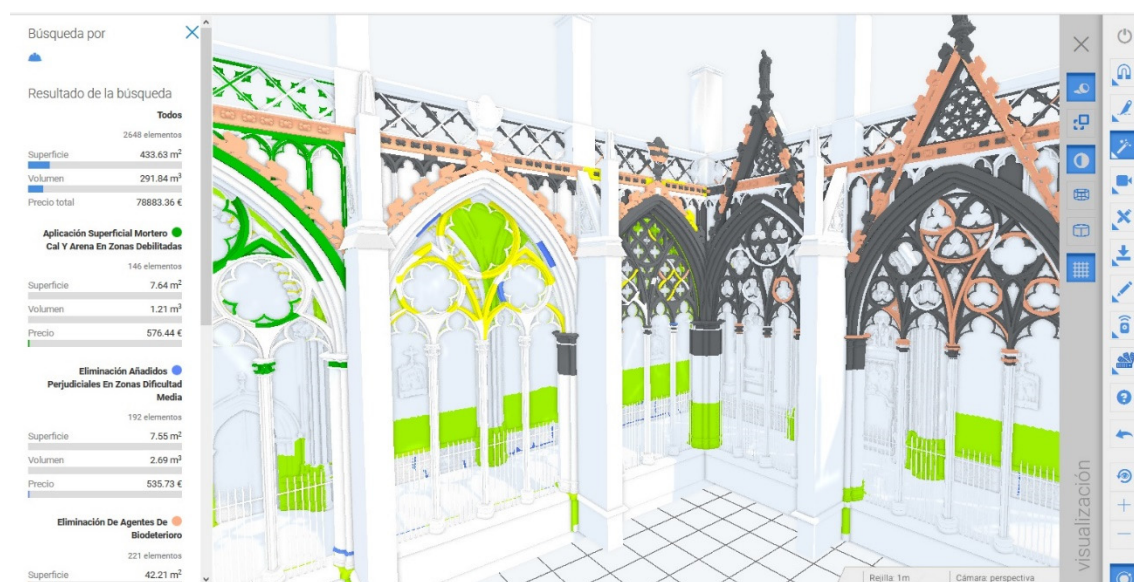


FIGURA 3. Imagen de PetroBIM para la recuperación del Claustro de Pamplona.

Ante esta situación, se antoja fundamental que patrimonio edificado y desarrollo sostenible se aúnen para hacer frente a los problemas, no solo del pasado y del presente, sino también del futuro. La renovación, el cuidado y la protección ante estas situaciones ha de ser permanente para que el patrimonio pueda continuar unido a la memoria y las tradiciones de las sociedades,

pudiendo estas mantener así, su sentido, significado y funcionalidad para las generaciones del futuro (UNESCO, 2014).

La sostenibilidad es el eje fundamental para la conservación del patrimonio y este, a su vez, lo es para el desarrollo y la cultura, por ello todas las acciones que se acometan para garantizar la protección de este, ayudarán a la reducción de los problemas de hoy, anteriormente citados, como la globalización, sobreexplotación y descuido del patrimonio, serán la mejor forma de contribuir al desarrollo sostenible:

Esta dimensión contempla el grado de compromiso y de acción de las autoridades públicas a la hora de formular y aplicar un marco multidimensional para la protección, la salvaguardia y la promoción de la sostenibilidad del patrimonio (UNESCO, 2014).

La implantación de este marco normativo, y las intervenciones de este, determinarán cuanto y como de grande ha sido el esfuerzo de las sociedades y sus autoridades en la creación y establecimiento de normas, medidas y mecanismos para la gestión, conservación, transmisión y valorización de su patrimonio (UNESCO, 2013).

La sostenibilidad e intervenciones patrimoniales dependerán de los factores anteriores vinculados a la acción pública, estos generarán la base del marco normativo que ayudará a que la visión del patrimonio, el uso y su gestión, configuren una visión sintetizada del aprovechamiento del legado del pasado, su preservación y la potenciación de este para las futuras generaciones (UNESCO, 2013).

Estos factores se dividen en tres indicadores o componentes que son: “Registros e Inscripciones”, “Protección, Salvaguardia y Gestión” y “Transmisión y Movilización de Apoyos”.

Según la UNESCO (2014, pág. 133):

“Los Registros e Inscripciones ofrecen una primera aproximación al modo en que los recursos o agentes patrimoniales de un país son reconocidos o catalogados como valiosos y por lo tanto merecedores de protección para su salvaguardia. Teniendo en cuenta que estos registros e inscripciones se realizan para la conservación y salvaguardia del patrimonio, registrar e inventariar son acciones necesarias para calificar el interés o grado de implicación o voluntad política en la

preservación del patrimonio. Así mismo, el nivel de compromiso en la redacción y elaboración de estos registros e inscripciones, así como su actualización periódica, es un buen indicador del grado de importancia y prioridad que se le da al patrimonio”.

En referencia a la protección, salvaguardia y gestión la UNESCO (2014, pág. 133) cita:

“la protección, salvaguardia y gestión cuantifica y manifiesta en qué medida las autoridades públicas aseguran la conservación, valorización y gestión sostenible del patrimonio, la formación, el desarrollo de capacidades de las partes interesadas, y la participación activa de las comunidades involucradas. Para que la intención y voluntad públicas de cuidar el patrimonio reflejadas en los “Registros e Inscripciones” se transformen en “protección, Salvaguardia y valorización” será necesario la aplicación de medidas concretas “.

Y, por último, en referencia a la transmisión y movilización de apoyos dice:

“se observa los esfuerzos realizados en pos de la sensibilización de ciudadanos y comunidades, así como, aumentar y estimular su conocimiento sobre el valor y el sentido del patrimonio. Este componente atiende también a las necesarias y continuadas inversiones en promoción del patrimonio desde el sector privado y su implicación con la sociedad para que se trasmita el mensaje y el valor de este a las generaciones futuras” (UNESCO, 2014, pág. 133).

Estos indicadores son un reflejo fiel de la imagen que desprende cada país, y de los esfuerzos que estos y sus administraciones llevan a cabo para la sostenibilidad de su patrimonio, tanto desde el punto de vista de la protección como desde la promoción de este. Estos indicadores también son de gran ayuda en otras áreas de información, por ejemplo, se puede conocer la forma en que un país cataloga y registra su patrimonio y que bienes están listados en él (UNESCO, 2014).

Otra área de información es saber qué medidas crean y aplican las autoridades para la protección y salvaguardia de su patrimonio ante agentes externos como el vandalismo, daños, etc. así como, la conservación y promoción de estos entre los miembros de sus sociedades, a través de programas para el conocimiento y la formación especializadas del patrimonio. La

creación de estos programas y otras estrategias para la transmisión, interpretación y valoración del patrimonio por parte de entes privados, ayudara a conocer que apoyo existe proveniente de estos sectores en los países y que grado de implicación tienen estos en la rehabilitación, revitalización y salvaguardia de su patrimonio (UNESCO, 2014).



FIGURA 4. Montaje de la ciudad de Ayacucho, Perú.

Los indicadores establecidos por la UNESCO en 2014, hacen que factores como la sostenibilidad, se tornen indispensables para la inclusión de nuevos lugares de interés, sitios, paisajes naturales o bienes culturales nunca antes contenidos en ningún escrito o tratado. A pesar de estos y otros esfuerzos en convenciones anteriores, como *la Convención para la Protección del Patrimonio Mundial Cultural y Natural* (1972); *la Convención sobre la Protección del Patrimonio Cultural Subacuático* (2000) o *la Convención para la Salvaguardia del Patrimonio Cultural Inmaterial* (2003) A día de hoy, ningún país ha creado o regulado por normativa legal ninguna terminología o definición en alusión a su patrimonio (UNESCO, 2013).

2.1.2 METODOLOGÍAS Y PROCESOS, GESTIÓN EN EL PATRIMONIO EDIFICADO

Para poder hablar de metodologías y procesos en el patrimonio es necesario definir que es un plan de gestión de patrimonio, según los indicadores UNESCO de cultura para el desarrollo:

Plan de gestión del patrimonio se entiende un documento en el que se exponen los aspectos patrimoniales significativos de un lugar o sitio y se detallan las políticas apropiadas para su gestión, de manera que se conserven sus valores para el uso y la apreciación futuros. La organización de la gestión debe ser ajustada al lugar, pero en general un plan de gestión: a) identifica los valores patrimoniales del bien en cuestión; b) identifica las limitaciones y oportunidades que sus valores patrimoniales imponen a su uso futuro; c) especifica aquello que se exige del propietario o que éste desea hacer en relación con el uso; y d) equilibra esa información y traza políticas y estrategias adecuadas para alcanzar resultados compatibles. En teoría, todos los lugares de patrimonio consignados en listas deberían contar con un plan de gestión que detalle cómo se van a conservar los valores patrimoniales del lugar. En algunos casos puede haber más de un plan para responder a toda la gama de valores de un lugar. (UNESCO, 2014).

Esta definición abarca todas las fases y valores que definen el patrimonio y como este debe ser tratado, quedando claro que el patrimonio no es solo lo material, o el conjunto de bienes que lo componen, sino que su conservación engloba los valores que lo dotan de significado, pudiendo ser estos valores materiales o inmateriales, es decir, históricos, afectivos o simbólicos, pero no por ello menos importantes a la hora de su conservación (Jiménez & Candelera, 2008a).

Cualquier metodología o técnica de protección del patrimonio deberá identificar estos valores y deberá existir un paso previo de investigación, independientemente de cuales sean las acciones o intervenciones que se lleven a cabo en el futuro. Esta investigación sobre los valores asociados a cada bien patrimonial, ha de ser constante en el tiempo y deberá estar abierta a nuevas técnicas y vías de conocimiento, pues con ello se incrementará el nivel de comprensión sobre el bien y con ello su importancia (Jiménez & Candelera, 2008b).

La gestión implica un proceso de documentación, valoración, interpretación, manipulación, producción y divulgación independiente de la técnica o metodología que se aplique para su mantenimiento, reconstrucción o modificación. Buenos ejemplos de metodologías diferentes

aplicadas a patrimonio son, la definida en el artículo *La arqueología del paisaje como programa de gestión del patrimonio arqueológico* (1996) de Felipe Criado o *Metodología para la intervención en el patrimonio histórico. Normalización de la documentación* (2004) del IAPH (Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico). Ambas metodologías elaboran sus estudios de formas completamente diferentes, pero ambas tratan de llegar a la misma conclusión, que es la difusión del patrimonio.

Según el artículo de F. Criado (1996) los trabajos que él y su grupo realizaron para la Dirección Xeral do Patrimonio Histórico e Documental de la Consellería de Cultura de la Xunta de Galicia se basaban en tres ámbitos de trabajo complementarios:

- Desarrollo de los planteamientos teóricos y procedimientos metodológicos para intervenir en ellos desde la ArPa (Arqueología del Patrimonio).
- Registro de la información recogida en los trabajos prácticos realizados.
- Utilización de esta información para generar interpretaciones y reconstrucciones del pasado arqueológico que puedan retroalimentar el sistema de trabajo.

Basándose en estos tres principios, desarrollaron las metodologías necesarias para la elaboración de sus informes y el desarrollo de sus trabajos, las cuales encaran todas las fases de valoración del patrimonio y la gestión de este como un modelo de gestión integral que denominan Arqueología del Paisaje.

Criado (1996), define *Arqueología del paisaje* como una estrategia de investigación que interpreta y reconstruye los paisajes arqueológicos a través de los objetos que lo conforman. Las características principales de este modelo son: el trato de los elementos del registro arqueológico, como efectos o productos de la acción social; el reconocimiento de que dichos objetos sean formales, es decir, visibles, con lo cual se puede realizar su descripción mediante una observación arqueológica; el presupuesto de que todos ellos al ser visibles, son símbolos y referencias de los valores sociales que representa; la utilización de la visibilidad como recurso para su interpretación y descripción; definición del contexto espacial del objeto como método de análisis, la reconstrucción de este contexto para la definición de la relación del espacio con el contexto social del objeto; utilización de la descripción formal del objeto como proceso de trabajo y la interpretación del significado del contexto de este mediante el paisaje en el que aparece.

Las aplicaciones de la *arqueología del paisaje* como metodología de trabajo buscan principalmente la reconstrucción del paisaje social histórico y estudiar los procesos de cambio que han contribuido al paisaje actual. Esta metodología comparte su base de trabajo con la

Landscape Archeology británica, que es una de las metodologías de referencia a nivel mundial. La arqueología del paisaje como metodología no es simplemente una línea de investigación, sino que es un sistema de información arqueológica para el desarrollo y diseño de un plan de gestión del patrimonio basado en la recuperación, valoración, evaluación, revalorización, mercantilización y sistematización del patrimonio (Criado, 1996).

Otra metodología totalmente diferente es la que propone el IAPH (2004), basada en la implementación de nuevas metodologías y procesos de trabajo en la que los diferentes intervinientes tengan un nivel de comprensión similar de los conceptos, para ellos establecen una serie de actuaciones comunes en todos sus estudios, estos puntos son: la conveniencia de la intervención, la importancia de la interdisciplinariedad, la realización de estudios preliminares, la duración de la intervención definida, los materiales y tratamientos empleados han de estar debidamente justificados y atender a las necesidades conservativas de la obra, documentación de todas las etapas de intervención y dar prioridad a la conservación y el mantenimiento sobre la intervención.

Según estas actuaciones, la metodología del IAPH (2004), trata de focalizar sus estudios en la **investigación**, para el debido conocimiento del objeto, bien cultural u obra de arte, el **tratamiento** o **intervención**, siempre bajo los criterios de la legislación y la documentación de los organismos internacionales, y, por último, la **transferencia de resultados**. Mediante estas actuaciones se han creado tres protocolos para el estudio del bien cultural, basados en las características del bien a estudiar. Estos protocolos son, informes de diagnóstico y propuesta de intervención, proyectos de intervención y memoria final.

Todos los protocolos establecidos por el IAPH (2004), están distribuidos en diferentes capítulos para la correcta jerarquización de la información y la clasificación de la misma en función a las fases de intervención y los profesionales intervinientes en el proyecto (Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico, 2013).

Como se puede ver en ambas metodologías, los procesos que se utilizan son completamente diferentes, pero ambas tratan de llegar a un mismo fin, que es la difusión del patrimonio. La difusión del patrimonio es el nexo de unión entre el patrimonio y la sociedad. El patrimonio es un producto de la sociedad, tanto en su creación inicial como en el contexto temporal en el que se encuentra, pero el problema que tiene es que la sociedad no siempre es consciente del valor de pertenencia que tiene su patrimonio. Para percibir el vínculo entre patrimonio y sociedad es necesario entender que la misión de difusión del patrimonio es alcanzar que este sea reconocido por parte de la sociedad (Criado, 1996; Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico, 2013).

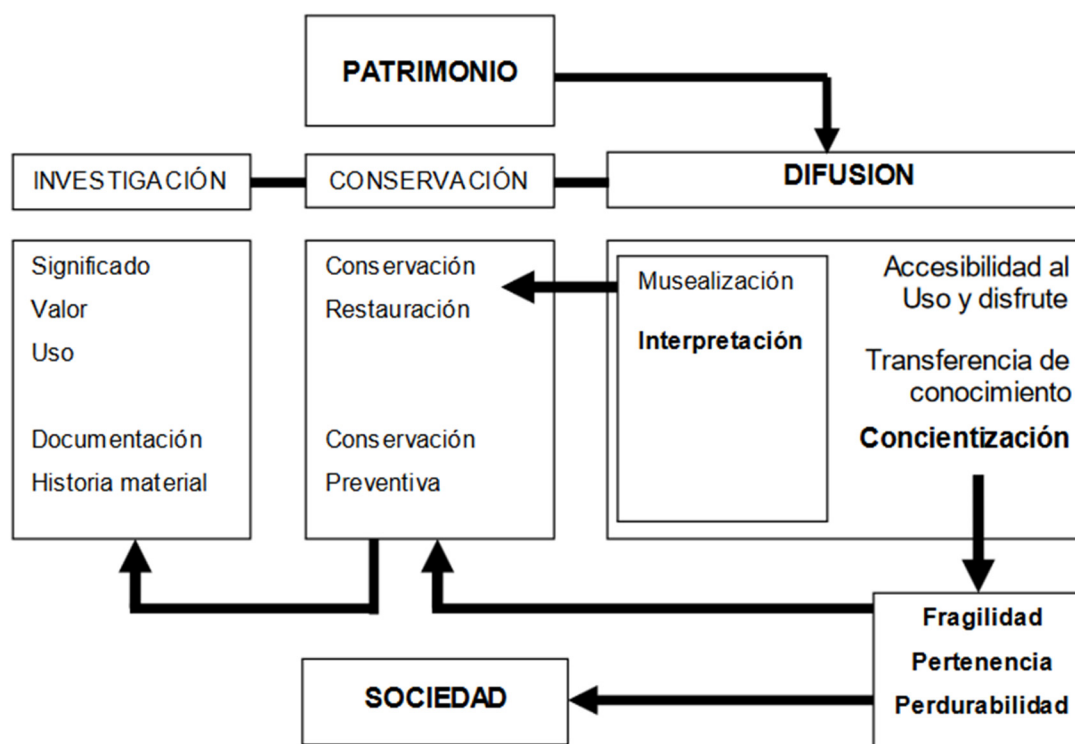


Figura 5. Esquema de la dinámica de la gestión patrimonial de M. Guglielmino (2007)

La difusión del patrimonio conlleva una serie de acciones que son parte fundamental de cualquier metodología o proceso para su gestión: La puesta en valor, el uso público, su interpretación y la incorporación de bienes culturales en estrategias turísticas y de desarrollo local (Guglielmino, 2007).

Observando el esquema de Guglielmino (Figura 5), se entiende que este conjunto de procesos para la gestión patrimonial han de aplicarse siempre paso a paso, independientemente de la metodología de estudio o uso. Puesto que todas las acciones aplicadas al patrimonio tienen un carácter cíclico.

2.2 ¿QUÉ ES BIM?

No existe una definición única y cerrada de lo que es BIM, pero en términos generales se entiende BIM como una metodología de trabajo, colaborativa e integradora de los diferentes intervinientes dentro del desarrollo de un proyecto. Este entorno colaborativo incluye desde arquitectos hasta ingenieros pasando por promotores, restauradores, etc. Atendiendo esta relación únicamente a la generación de un modelo virtual de trabajo, común a todos, en el que está contenida toda la información de la edificación, desde la fase de diseño hasta la demolición del mismo, es decir, a lo largo de todo su ciclo de vida útil (Eseverri, 2018).

Aunque BIM es acrónimo de Building Information Modeling, no todo en esta metodología atiende a modelar o diseñar, se podría decir, que la mayor parte en BIM es información y la gestión de esta, definido en inglés (Building Information Management). Este compendio tan amplio de operaciones y agentes hace que se genere un pensamiento erróneo de lo que es BIM, confundiendo tecnologías o softwares (ArchiCAD, Revit,...) basados en BIM con la propia metodología (Eseverri, 2018).

El BIM supone un cambio disruptivo en la industria del AEC (Architecture, engineering & construction), puesto que este marco colaborativo e integrador, supone una transformación de la industria, de sus metodologías de trabajo y de la relación de sus intervinientes, tal y como se muestra en la figura 6 (Eseverri, 2018).

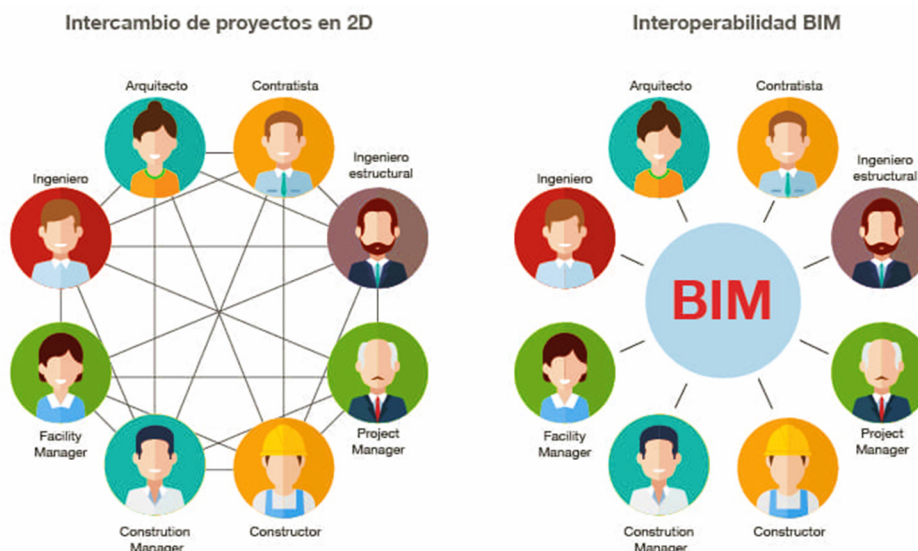


FIGURA 6: Interoperabilidad BIM vs proyectos 2D

Las relaciones que establecen estos intervinientes son tan diversas como las informaciones que generan por separado, esta va desde datos técnicos, estructurales, mantenimiento o económicos, hasta el propio diseño arquitectónico del edificio. Tal y como muestra el gráfico superior de la parte izquierda, cada interviniente del proceso de creación de este método de trabajo colaborativo es parte de él, a pesar de que todos tienen roles de actuación e intereses diferentes sobre el mismo. Esto se da porque cada uno accede a la parte de la información que el modelo le facilita, que le es de interés para la realización de su trabajo. Para que este flujo de trabajo sea viable es estrictamente necesario que todos los intervinientes tengan conocimiento de la metodología y su uso (Eseverri, 2017).

Así mismo, al tratarse el BIM de una metodología en la que intervienen diferentes tipos de profesionales con diferentes intereses y funciones, existirán también diferentes tipos de software para la realización de los proyectos, desde software de diseño hasta softwares de cálculo o comportamiento energético, por este motivo, también será esencial el conocimiento de estas herramientas y su capacidad de interoperabilidad entre ellas para el correcto funcionamiento de un modelo BIM (Eseverri, 2018).

El proceso de creación de un modelo BIM es amplísimo, debido a la gran cantidad de elementos que forman parte de él, a pesar de esto, existen multitud de aplicaciones que se confunden con BIM sin serlo, por ejemplo, un modelo 3D, el cual no es, necesariamente, un modelo BIM si carece de ciertos contenidos o no respeta ciertas lógicas de trabajo, será un modelo inservible dentro de un proceso BIM (Bimetriclab, 2016a).

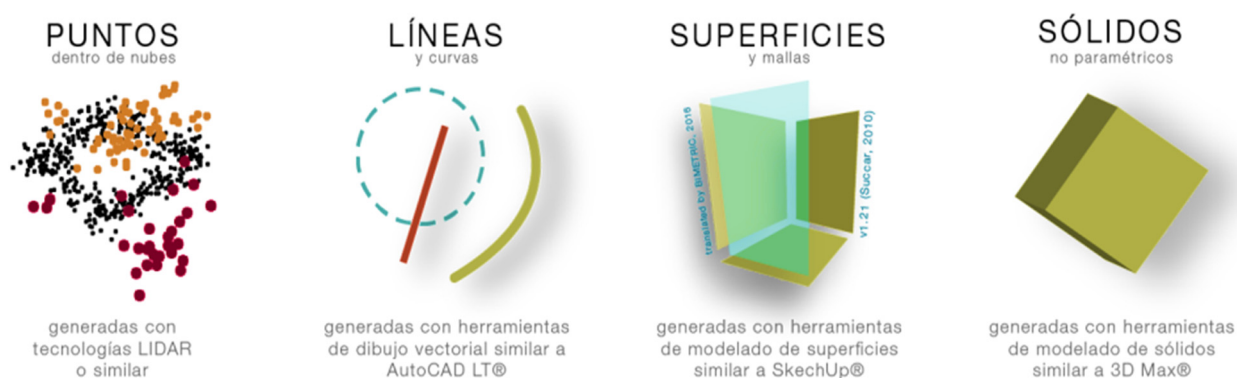


FIGURA 7. Software No-BIM

Existen casos claros de elementos que no son BIM y se tienden a confundir con este (Figura 7). El mencionado modelo 3D es un buen ejemplo de ello, pero ha de saberse que un modelo BIM debe contener información no solo compositiva del modelo, ha de ser algo más que una composición estática que nos dé una determinada geometría dentro de una fotografía. Ocurre lo mismo con los dibujos 2D, es decir, el CAD (Computer Aided Design), no son modelos BIM y tampoco lo sería aunque fuese un dibujo en CAD 3D que no contuviese información de las partes

que lo componen y de cómo estas relacionan entre sí. Un caso muy claro sería donde, por ejemplo, los cambios efectuados en una vista, no se actualizan directamente en las otras vistas, esto es un caso claro de que no es un modelo BIM, en donde existe una lógica interna que relaciona el objeto con las vistas (Bimetriclab, 2016a).

Esta mezcla de información genera la duda ¿algo que no es BIM puede formar parte de un proceso BIM, o no?, la respuesta es que sí, puesto que no toda la información contenida en un modelo BIM son modelos tridimensionales, puede existir parte de la información en unos planos CAD de 2 dimensiones, y aunque por sí mismos no representan un modelo BIM, sí podrían ser parte de un proceso BIM. Es necesario entender que en BIM, al tratarse de una metodología colaborativa y abierta, no todos los intervinientes han de aportar la información en el mismo soporte o formato (Eseverri, 2018). Esta confusión de ¿qué es? y ¿qué no es BIM? está presente en toda la industria AEC y para llegar a la definición más correcta es necesario descomponer BIM en sus tres dimensiones: Campos BIM, Etapas BIM y Prismas BIM (Figura 8).

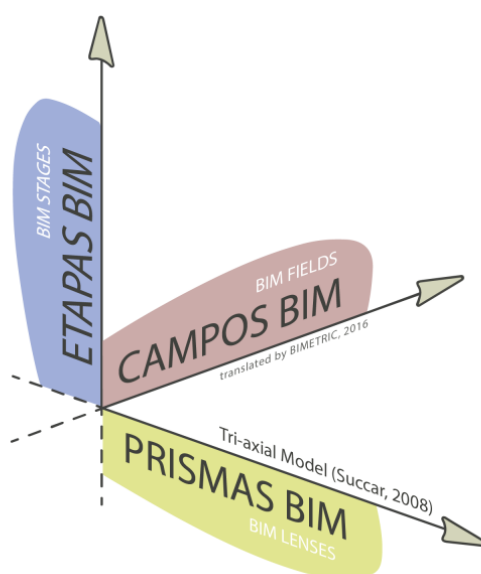


FIGURA 8. Marco de trabajo BIM: las tres dimensiones

Los Campos BIM son los responsables de identificar a los participantes del proceso BIM dentro del sector AEC y toda la información y especificaciones documentales que estos generan. Según (2009), estos participantes se engloban dentro del círculo de política de BIM, en donde a su vez se encuentran los organismos que rigen el sector, aquellos que generan la normativa, las directrices y los contratos.

Existen otros dos círculos que son, el círculo de procesos BIM, en donde se integran los intervinientes responsables de la fase de ejecución de proyectos de construcción y sus productos, además de todos los intervinientes durante la vida útil del proyecto. Por otro lado, se

encuentra el círculo de tecnología de BIM, en donde los protagonistas son los desarrolladores de las herramientas para la creación y gestión de modelos BIM (Succar, 2015c).

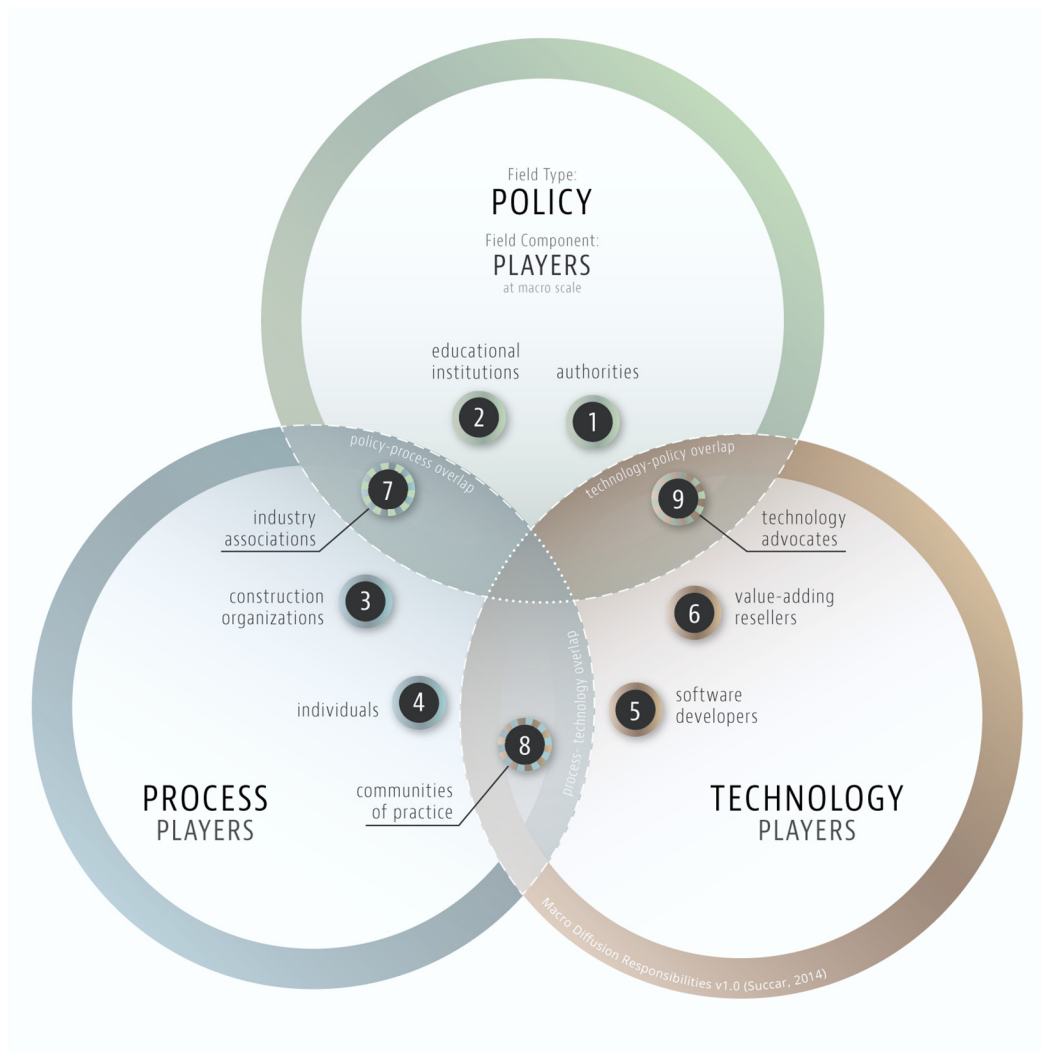


FIGURA 9. Diagrama de Venn para modelo de responsabilidades de difusión e Interoperabilidad de los Campos BIM

El modelo que se describe en la figura anterior identifica de 1 a 9 a las partes intervinientes dentro de la industria AEC, distribuidos en los campos de tecnología, procesos y política. Estas partes pertenecen a diferentes campos BIM o en algunos casos a zonas superpuestas. Este nivel de organización permite comparar y evaluar el nivel de intervención de cada participante.

Según Succar, (2009), la interoperabilidad de los campos BIM, se basa no solo en la interacción de los intervinientes, sino en la superposición de estos y sus campos, generando así el entorno ideal para la generación de estándares de interoperabilidad (archivos IFC, por ejemplo), o directivas BIM. Esta dimensión del BIM (Campos BIM) se basa en la definición e identificación de las relaciones (interacciones y superposiciones) de los participantes del sector AEC. Se concluye que este conjunto de capacidades BIM son una taxonomía que muestra la capacidad de los intervinientes en el proyecto para desarrollar y cumplir requisitos o documentación BIM.

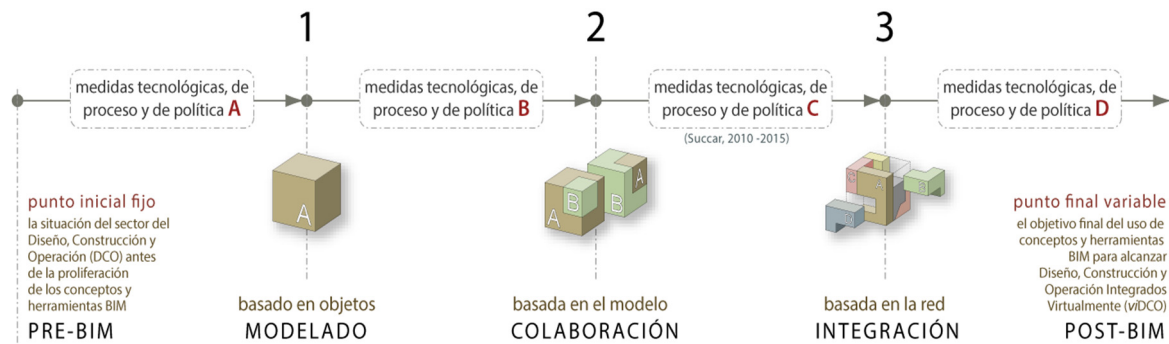


FIGURA 10. Etapas BIM

En otra dimensión, como se muestra en la Figura 10, se encuentran las etapas BIM, que se puede resumir como la capacidad de los intervinientes en el proyecto hacia la implementación de tecnologías y conocimientos BIM, es decir, un modelo BIM completo. Para medir esta capacidad BIM, se ha de crear una medida o patrón que nos permita establecer que los intervinientes de la etapa 3 serán siempre más capaz que aquellos que se encuentren en las etapas 1 y 2. Existen 3 etapas principales: Etapa BIM 1(modelado basado en objetos), Etapa BIM 2 (Colaboración basada en modelo) y Etapa BIM 3 (Integración en la red). Estas etapas se pueden descomponer en pasos BIM (Succar, 2015d).

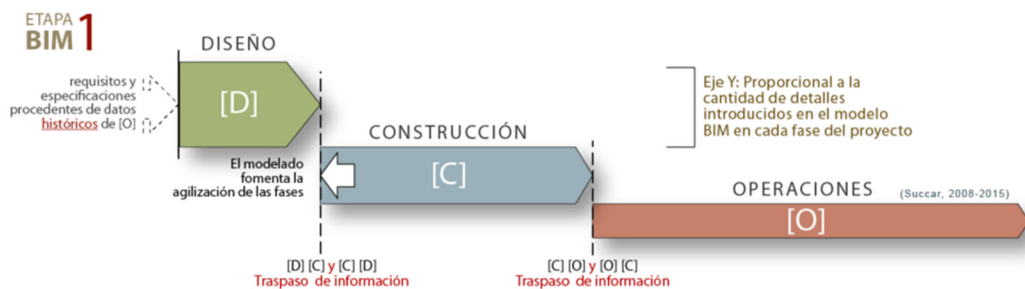


FIGURA 11. Fases del ciclo de vida del Proyecto. Etapa BIM 1

Etapa BIM 1: Modelado basado en objetos, en cualquiera de las tres fases del ciclo de vida del proyecto, Diseño [D], Construcción [C] u Operaciones [O] se crean modelos unidisciplinarios. Estos modelos por ejemplo los modelos de diseño arquitectónico [D] y los de fabricación de conductos [C] se utilizan en mayor medida para la automatización, generación y coordinación de la documentación 2D y las visualizaciones 3D, todas ellos contenidos en esta etapa.

En la figura anterior se puede comprobar que el modelado basado en objetos integra, en cierta manera, las fases. El proceso de desarrollo del proyecto es lineal pero las fases de construcción y diseño se superponen, lo que directamente se traduce en un ahorro de tiempo.

Queda así de manifiesto, el beneficio de la participación de diferentes intervinientes con capacidades, tanto de modelado de diseño como de construcción (Bimetriclab, 2016d).

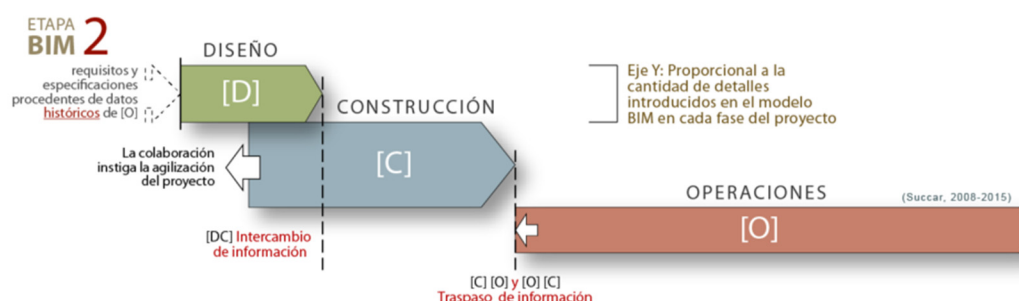


FIGURA 12. Fases del ciclo de vida del Proyecto. Etapa BIM 2.

Etapa BIM 2: Colaboración basada en el modelo comienza una vez que se ha desarrollado una amplia experiencia de modelado unidisciplinar a través de la implementación de la Etapa BIM 1, los intervinientes del proyecto colaboran activamente con los de otras disciplinas también contenidas en el proyecto. La madurez de esta etapa altera el grado de detalle del modelado realizado en cada fase del ciclo de vida del Proyecto, ya que los modelos de construcción, de mayor detalle, evolucionan y sustituyen (parcial o totalmente) a los modelos de diseño de menor detalle previos.

En la figura anterior se aprecia perfectamente como la colaboración entre fases agiliza el proceso y el enriquecimiento del modelo a través del intercambio de información entre participantes, aquí se ve claramente el trasvase de información entre constructores y proyectistas que en este tipo de gestión de proyecto añaden cada vez más información de construcción a sus modelos de diseño (Bimetriclab, 2016d).

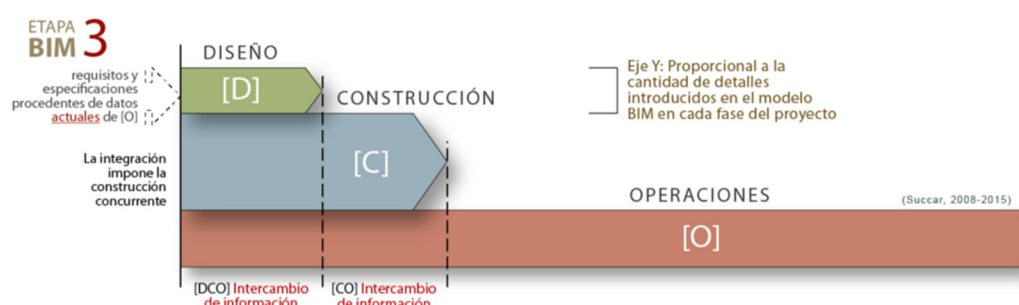


FIGURA 13. Fases del ciclo de vida del Proyecto. Etapa BIM 3

Etapa BIM 3 Integración en la red. Es en esta etapa, se generan los modelos más completos, en términos de información, pues ya han sido compartidos en las etapas anteriores de creación del proyecto. Esos modelos se generan de diferentes maneras, bien a través de servidores,

bases de datos de diferentes tipos o utilizando el propio software como servicio. Esta inmensa cantidad de información genera que las fases del mismo se superpongan generando un modelo sin fases, que integra todos los aspectos del diseño, construcción y operación, que tiene como resultado un modelo optimizado en términos de constructividad, operatividad y seguridad (Bimetriclab, 2016d).

En el marco actual, denominado Estatus Pre-BIM, todavía prevalecen las metodologías CAD, lo cual aumenta muchísimo el riesgo de pérdida de información y la falta de coordinación entre los intervinientes en el proceso de proyecto. Todavía se depende demasiado de la documentación 2D, con todos sus problemas de transcripción de la realidad para la definición de una realidad 3D. Esto supone una interoperabilidad casi nula, y que la definición de un proceso tan complejo quede en manos de una tecnología extremadamente limitada (Bimetriclab, 2016c).

Todas estas etapas tienen entre sí unos espacios que se cubren con pequeños pasos BIM que han de identificarse y cumplirse para poder avanzar a través de ellas, tanto entre las tres etapas como desde el estatus Pre-BIM hasta el inicio de la etapa BIM 1. Estos pasos son de naturaleza diferente y no necesariamente tienen carácter tecnológico, como define el diagrama anterior de Venn (Figura 9), estos pasos también están conformados por procesos y políticas. Estos pasos se definen en tres tipos: Pasos de tecnología, que son avances en hardware, software o redes que permiten el cambio de flujos de trabajo de planos 2D a objetos 3D. Pasos de proceso, son productos, servicios, recursos humanos e infraestructuras que permiten colaboraciones para compartir datos (etapa BIM 2) y, por último, Pasos de política, que son aquellos que tienen que ver con reglamentos, contratos y normativas, necesarios para el desarrollo de una práctica BIM completa (Bimetriclab, 2016c).

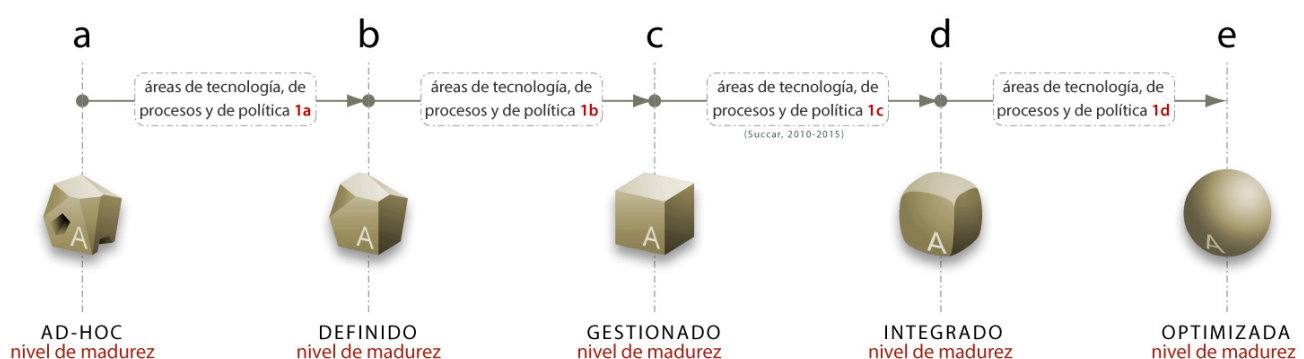


FIGURA 14. Niveles de madurez BIM basados en la Etapa BIM 1.

En la figura anterior se muestra como la evolución desde niveles inferiores a niveles superiores en cuanto a madurez BIM, estas realidades son indicadoras de, más y mejor control a través de reducir desviaciones entre objetivos y resultados finales, mejor previsión y predicción

al reducir rendimiento, costes y variaciones de la competencia y, por último, aumento de la eficacia para alcanzar objetivos claros y más ambiciosos (Succar, 2015d).

El nivel Ad-hoc, es el nivel inicial de madurez en donde se produce una primera implantación del BIM, pero no existen estándares de colaboración, estrategias globales, ni un reparto formal de las responsabilidades y funciones de los participantes, así como, tampoco hay apoyo o conocimiento por parte de los directivos o cargos al mando del proyecto (Succar, 2015d).

En el nivel Definido, ya existe una visión global del proyecto y conocimiento por parte de los cargos o directivos responsables del proyecto de la implementación BIM, existen especificaciones documentales y una consciencia de lo que es la metodología BIM y sus aplicaciones de mercado, aunque no se lleven a cabo. Comienza a haber confianza entre participantes y se generan estándares de colaboración, así como, protocolos y normas de intercambio. Se distribuyen y delimitan las funciones entre los participantes (Succar, 2015d).

En el nivel Gestionado, la implementación del BIM es clara y se comprende por la mayor parte de los participantes, se entiende el cambio de sistema y los cambios de política, procesos y tecnología, se reconoce la oportunidad de negocio del BIM y se incluye en el marketing de la empresa. Se definen e institucionalizan los roles BIM y comienzan a crearse especificaciones similares a las definidas por las instituciones públicas y las relaciones entre participantes se transforman en acuerdos o colaboraciones dentro de las etapas de proyecto (Succar, 2015d).

En el nivel de madurez Integrado la implementación BIM está completamente integrada y organizada. Se entiende que las oportunidades de negocio son derivadas del BIM son entendidas como potencialidades del grupo y una ventaja competitiva clara. Los entregables del proyecto está claramente definidos, sincronizados e integrados dentro de la metodología BIM desarrollada por los intervinientes, que a su vez tienen definidos claramente sus roles, lo que ayuda a la mejora de la productividad y hace su rendimiento totalmente predecible. Se utilizan e implementan sistemas de gestión y rendimiento que hace que aparezcan las personas a cargo del proyecto en etapas iniciales del ciclo de vida de este (Succar, 2015d).

En el nivel de madurez Optimizada, es donde la implementación BIM es total y todos los participantes la aplican, todos los modelos y entregables son tratados mediante metodologías BIM, se generan soluciones y modificaciones continuas en busca de una mayor productividad. Los datos, procesos, riesgos, comunicaciones, etc. Son analizados y actualizados constantemente con la intención de alcanzar la mayor calidad posible dentro del proyecto (Succar, 2015d).

La figura posterior muestra perfectamente cómo se puede difundir el BIM y que tipo de relaciones se pueden establecer, tanto entre etapas como entre campos BIM, una vez definidos los Campos BIM (Tecnología, lotica y procesos) y las etapas BIM (colaboración, integración y modelado) solo queda mostrar cómo estas dimensiones del modelo triaxial interactúan entre sí para crear áreas de planificación y análisis de cómo se propaga el BIM.

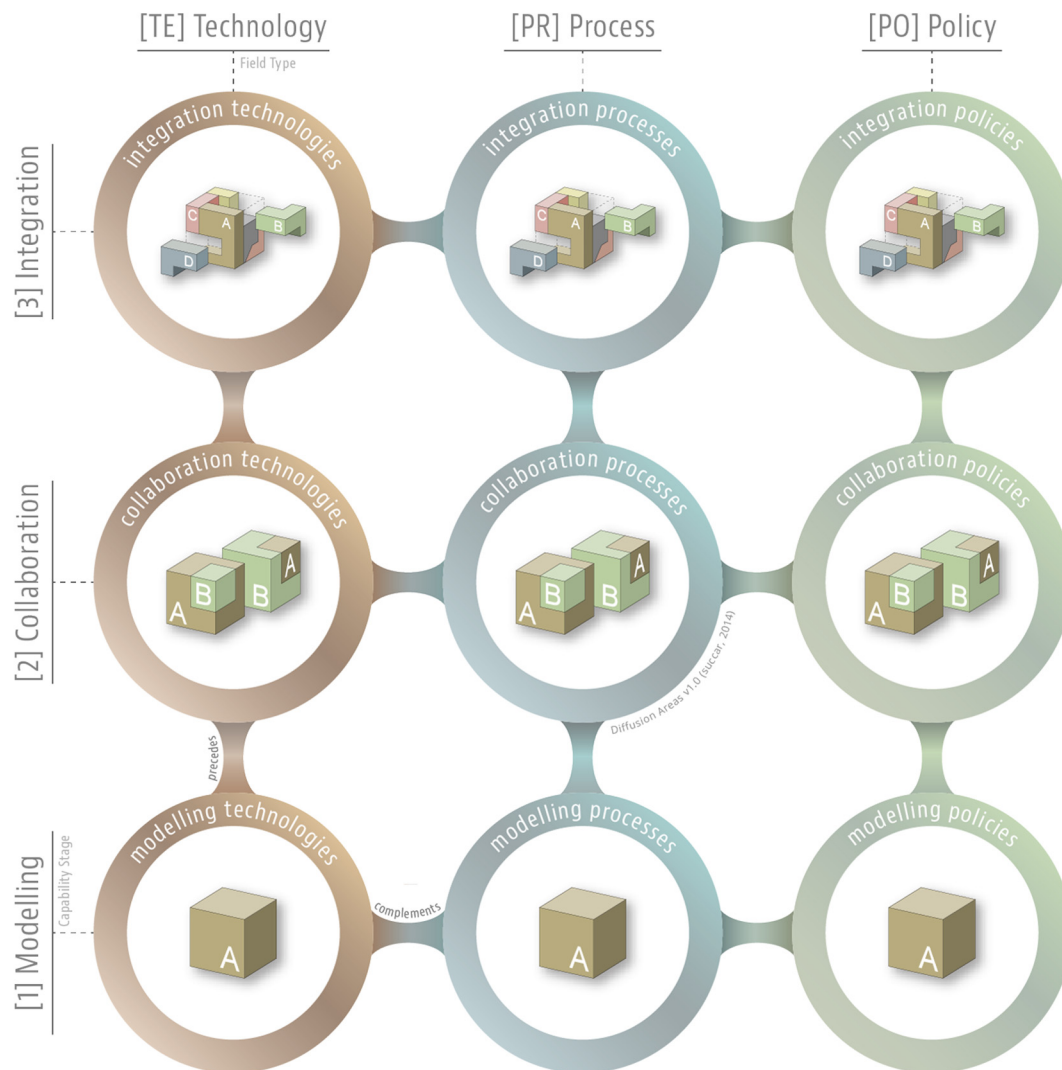


FIGURA 15. Modelo de áreas de difusión del BIM

La difusión del BIM se establece siempre desde una organización (micro) o desde un mercado (macro), y suele enmarcarse en descendente o ascendente. Se entiende por difusión descendente cuando una autoridad ordena la adopción del BIM, porque es entendido como una solución favorable, ejemplo de ello son el marco legal BIM de Singapur o Reino Unido. Aplicado a un estudio (micro) se consideraría difusión descendente cuando los altos cargos adoptan BIM, y este se difunde a través de los grupos de mando (Succar, 2015c). La difusión ascendente se da cuando estos procesos o tecnologías BIM son implementados de forma aislada y/o desde colectivos pequeños, consiguiendo expandirla a los demás usuarios. Un ejemplo a nivel macro

de ello sería Australia, y a nivel micro, cualquier estudio u organización en donde el inicio de la utilización de estas tecnologías se inició en un trabajador. Por ultimo estaría la difusión radial que es inherente a las dos anteriores y que nombraría situaciones en donde la implementación la lleva a cabo un mando intermedio.

Volviendo a las dimensiones BIM, por último, estarían los prismas BIM, que conforman el ultimo eje del modelo triaxial del método de trabajo BIM, esta dimensión hace alusión a la profundidad de la investigación dentro del método BIM, son las capas de análisis aplicadas a los Campos y Etapas BIM para la generación de un conocimiento más completo y detallado.

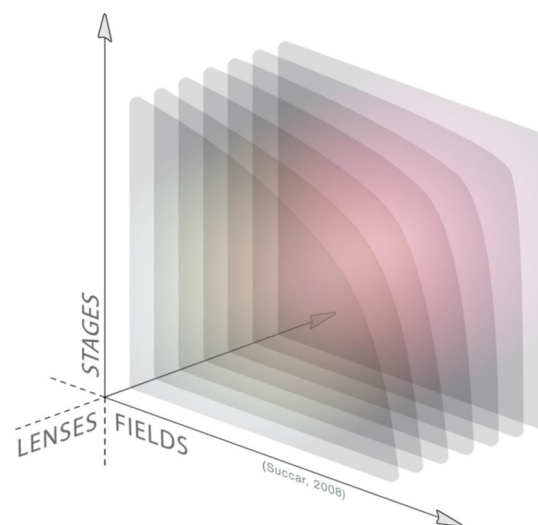


FIGURA 16. Lentes o Prismas BIM según el modelo triaxial.

Los Prismas ayudan a la abstracción del dominio BIM y controlan los diferentes niveles de complejidad al eliminar aquello que no es estrictamente necesario. Hacen que los participantes del proyecto puedan centrarse en la parte del modelo que le es estrictamente necesario filtrando lo que no lo es (Succar, 2015c).

Es necesario comprender la diferencia entre prismas BIM y filtros. Ambos son herramientas de análisis e investigación que permiten la conexión de conceptos y relaciones en el entorno BIM. Los prismas son implementados por el usuario u observador sobre los campos BIM, mientras los filtros son sustractivos, ya que se implementan desde los datos. Un buen ejemplo de ello sería en un análisis bioclimático, la lente o prisma mostraría la imagen de la eficiencia energética del objeto de estudio y los filtros eliminarían de ella aquellos datos que no se ajustasen al estudio (Succar, 2015c).

Como conclusión a ¿qué es BIM?, se podría decir que el BIM es una taxonomía que muestra las capacidades de un usuario para la realización de proyectos a través de un marco (BIM), en donde se identifican sus diferentes habilidades y capacidades (Succar, 2009).

Otro punto fundamental para la definición de ¿Qué es BIM? y que diferencia a BIM de otras metodologías son las dimensiones 3D,4D,5D Y 6D de BIM.

Un modelo BIM 4D es un modelo en donde la cuarta dimensión es el tiempo agregado al modelo. Si se utiliza un cronograma estándar (MS Project) y se le asigna elementos o fases del modelo BIM, el resultado es un modelo 3D que se autoconstruye y muestra cómo será el edificio a través de las diferentes etapas. Esta herramienta puede resultar tremendamente útil durante las fases de montaje de estructuras para verificar que todo encaja de modo perfecto y que ninguna fase de la obra interfiere en la otra, retrasándola u obligando a detenerla (Eseverri, 2018).

Un modelo 5D agrega la dimensión de costes, además de visualizar como se construirá el edificio, se tendrá un análisis exacto de cómo será el flujo de dinero durante el proceso constructivo. Cabe recordar que en el caso de que se realicen modificaciones en cualquier punto o fase de nuestro modelo, la actualización de costes será inmediata y se actualizará directamente (Eseverri, 2018).

Por último, estaría la dimensión 6D, esta se trata de un modelo que incluirá todo tipo de información para mantenimiento y operatividad del edificio. Esta etapa se conoce como modelo “As Built” o “AIM”. En esta fase del proyecto se tiene información de todos los elementos que conforman el edificio, como se fabrican, su composición, su materialidad, sus garantías y como trabajan entre si y por sí mismos, de este modo esta información estará disponible durante toda la vida útil del edificio (Eseverri, 2018).

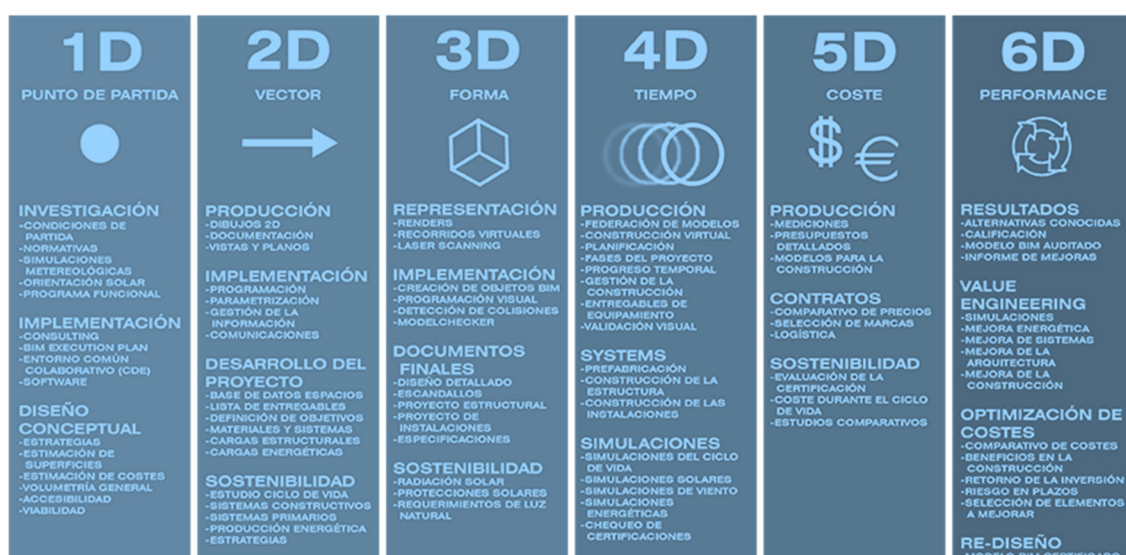


FIGURA 17. Dimensiones del BIM

Como se puede imaginar, un modelo 6D incluye necesariamente todos los anteriores, y en él se pueden generar simulaciones de operatividad y mantenimiento del edificio a lo largo de toda su vida útil. De estas simulaciones se extraerán conclusiones y análisis para la decisión de invertir en unos u otros elementos en función a su rentabilidad (Eseverri, 2018).

Se podría decir que las dimensiones de un modelo BIM no terminan aquí, y simplemente se irán expandiendo a medida que se vayan implementado nuevas herramientas o tecnologías con capacidad para interactuar con los modelos BIM. La situación actual es en muchos aspectos un tanto desconcertante puesto que sigue careciendo de definiciones, mapeados de procesos o marcos reguladores. Por otro parte, existen potencialidades absolutas de los procesos BIM que son ejes vertebradores para la transformación del sector AEC (Architecture, Engineering & construction) como reducción de costes, aumento de la eficiencia y eficacia de los proyectos y sus procesos o una mayor interoperabilidad entre los profesionales involucrados (Eseverri, 2018).

Otro punto importante para la definición de ¿Qué es BIM? es saber diferenciar entre modelos o softwares BIM y cuales no lo son. Al no existir ningún documento o manual que cite textualmente que es y que no es BIM, lo que se hace para diferenciarlos es comprobar que componentes de ese modelo o software poseen los atributos propios de un modelo BIM. Los modelos BIM se basan en objetos (modelados en el propio software), que deben poseer información específica, codificada e integrada en una disciplina, deben relacionarse con los otros objetos que componen el modelo y poseer jerarquías y restricciones con y para ellos. Por ejemplo, una pared y una ventana, la ventana interactúa con la pared porque al insertar la ventana en la pared esta genera un hueco en ella. Aquellos elementos o plataformas que no se consideran BIM están basados en elementos diferentes, por ejemplo, Sketchup se basa en

superficies, Autocad y Autocad 3D en componentes, 3Dstudio está basado en tecnologías VIZ (Visualización arquitectónica) y otros como Inventor o Solidworks en plataformas ajenas a la arquitectura y más relacionadas con ingeniería y composición (Eseverri, 2018).

2.2.1 METODOLOGÍAS, PROCESOS Y ESTÁNDARES BIM

Para definir metodologías, procesos y estándares en BIM, se deberá relacionar, al igual que en el capítulo anterior, requisitos, acciones y resultados con los agentes intervinientes en el proyecto (técnicos, organizaciones y equipos). Para la definición de estas metodologías deberemos definir usos del BIM, los cuales se definen como entregables del proyecto que enlazan los modelos 3D creados a bases de datos externas al proyecto, donde cada uso de modelo representa un conjunto de requisitos, acciones y resultados específicos de cada proyecto, enlazados bajo un modelo para poder usarlos fácilmente (Succar, 2015b).

La razón principal de la utilización de estos usos del BIM es la reducción de la complejidad de los proyectos, agilizando y promoviendo la comunicación entre técnicos, organizaciones y equipos, enumerando y delimitando los requisitos y resultados que se desean en el proyecto, vinculando estos requisitos y resultados con sus herramientas, metodologías y competencias. Los usos del modelo se pueden clasificar en (Succar, 2015b):

- Identificar los entregables del proyecto: punto de partida para la identificación de los objetivos del proyecto y creación de la estructura de proyecto para la redacción de los diferentes tipos de documentación.
- Definir los objetivos; conocer las competencias de especialización del proyecto para trasladarlas a técnicos, organizaciones y equipos.
- Evaluar la madurez/ capacidad del modelo; los usos del modelo se utilizarán para conocer y definir las habilidades de las partes involucradas en el proyecto.
- Asignar responsabilidades; los usos del modelo permiten la alineación entre participantes en el proyecto, estos usos y el reparto de responsabilidades.
- Ajustar la semántica; los usos del modelo son entregables de diferentes disciplinas con diferentes sistemas de información (BIM, GIS, CAD, PLM) y son muy útiles para la unificación de estas disciplinas bajo un mismo modelo y nombre.

Los usos del modelo anteriores están basados en el Marco BIM presentado en el punto anterior, y todos ellos son identificables y comparables a través de las diferentes publicaciones existentes en varios países, algunos ejemplos son:

Investigaciones académicas publicadas como "Los usos de BIM" (Messner, 2010) o el "Manual BIM" (Eastman, 2008). Publicaciones BIM como la Guía BIM LACCD (2010); Guía BIM de Asuntos de Veteranos (2010); Guía BSA de GSA (2011); Guía BIM de la ciudad de Nueva York (2012); Requisitos BIM comunes: Finlandia (2012); Manual BIM Statsbygg - Noruega (2013); Guía BIM de la Autoridad Portuaria de Massachusetts - Apéndice A (2014) o Guía de inicio del proyecto NATSPEC BIM (2014) o Normativas internacionales y normas candidatas, incluidas PAS1192-2: 2013; ISO / TS 12911: 2012 Marco para la orientación del modelado de información de construcción (BIM) o EN-ISO 19650 (2019).

En base a estos escritos es importante diferenciar entre usos de modelo y entregables basados en el modelo. Los primeros son aquellos documentos que se planea entregar, se pueden entregar o se pueden mandar entregar, mientras que los segundos son única y exclusivamente lo que se entrega. Es decir, los usos del BIM (o de modelo) son el proceso y los entregables la salida o el fin de ese proceso. En definitiva, los usos del modelo transforman los requisitos cuantificables del proyecto en resultados finales:

Las definiciones de vista de modelo tienen la clara intención de estandarizar *los intercambios de computadora a computadora* basados en casos de uso comunes.

Los usos del modelo están destinados a simplificar *las interacciones de persona a persona y las interacciones de persona a computadora* (HCI). El propósito principal y los beneficios de los usos de modelo, no son mejorar las herramientas de software, sino facilitar la comunicación entre los interesados del proyecto y vincular los requisitos del Cliente / Empleador con los resultados del proyecto y las competencias del equipo. (Succar, 2015b)

Los usos de modelo pueden ser definidos como hemos visto en función del cómo, cuándo y por quien se aplican en los proyectos. Las competencias y las implicaciones legales de los proyectos son distribuidas en función a estos usos entre los participantes del proyecto. En el grafico siguiente se observa cómo se genera la información del proyecto a lo largo del ciclo de vida del mismo (Succar, 2015b).

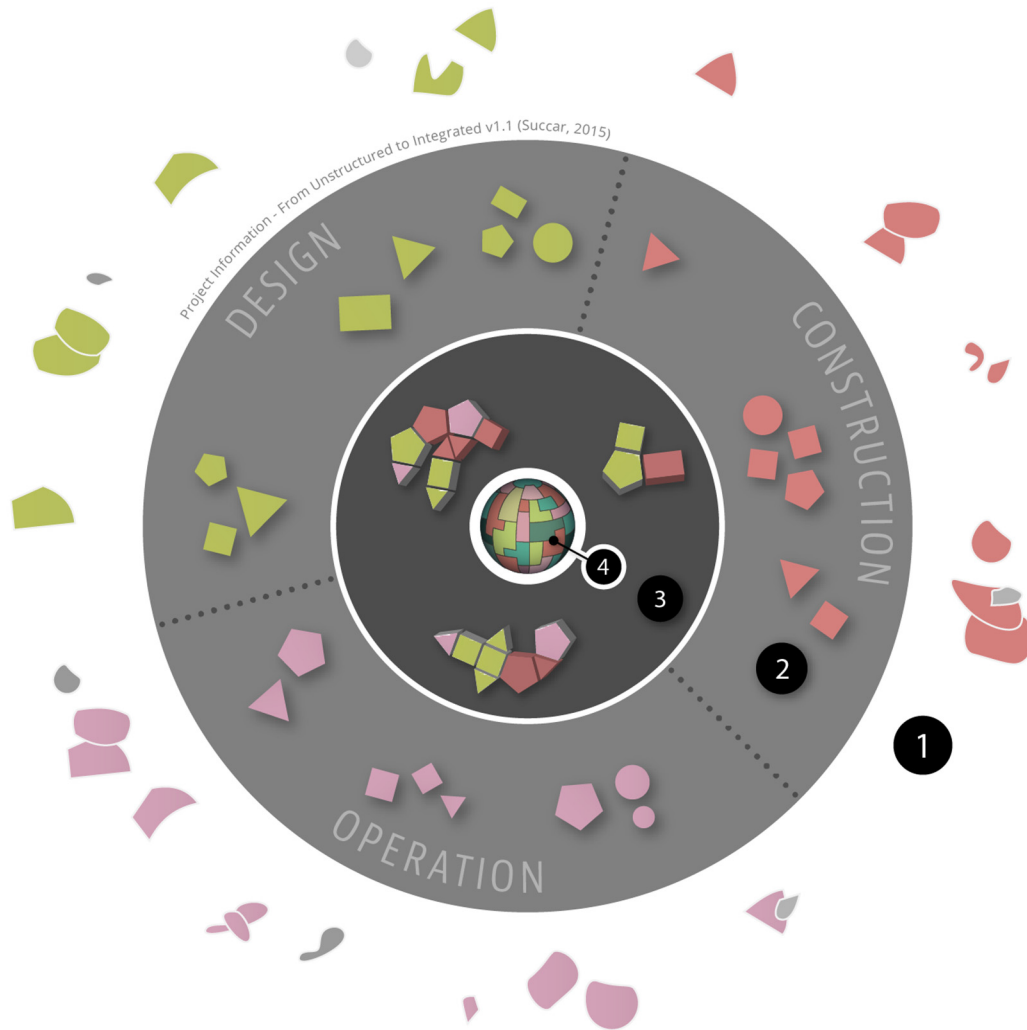


FIGURA 18. Información del proyecto, de desestructurado a integrado

En la figura anterior se muestran los tipos de información organizados en función a su computabilidad, esta información se clasifica en: Información general de antecedentes, es la información que no tiene repercusión directa en el proyecto. Información de proyecto no estructurado (1), es información temporal y no documentada del proyecto, por ejemplo, un boceto o una conversación telefónica. Información estructurada del proyecto (2), es información documentada con usos particulares, pero no conectadas entre sí, por ejemplo, documentos, informes, imágenes. Información modelada (3), es información incluida en un modelo 3D pero que refleja una realidad particular del modelo, por ejemplo, un análisis estructural, o una estructura. Esta información incluye las anteriores utilizadas para la planificación y el desarrollo del proyecto. Por último, Datos integrados (4) esta información esta interconectada, estructurada e incluye todo tipo de información de proyecto que funciona como un todo (Succar, 2015b).

Esta clasificación es fundamental para conocer qué tipo de información está contenida en los modelos tridimensionales y puede ser representada por los usos de modelo. Así mismo, también se identifica que información está fuera del modelo y está vinculada a este (Succar, 2015b).

Existen cientos de formas de definir usos de modelo para representar una misma información, sin embargo, en base a la metodología BIM, es importante definir el menor número posible que permita objetivos opuestos, lo que se denomina como flexibilidad de uso y precisión de la representación, en la clasificación de usos de modelo (Succar, 2015b).

La precisión de la representación significa que una cantidad de usos de modelo excesiva podría generar confusión, puesto que se producirían superposiciones en las actividades y las responsabilidades representadas, mientras que con un número demasiado escaso sus definiciones serían amplias, poco precisas y divisibles en otros sub usos. Respecto a la flexibilidad de uso, decir que los usos del modelo ideal deben alejarse de calificaciones de mercados o usuarios para lograr ser lo más independientes posibles y permitir que estos se apliquen en diferentes contextos independientemente de usuarios, mercados, fases o prioridades. Según Succar (2015b):

- Los usos del modelo son definidos con total independencia del ciclo de vida del proyecto y dependiendo de la capacidad BIM de los intervinientes puede ser aplicada en alguna o todas las fases del mismo.
- Los usos del modelo son definidos con independencia de cómo son aplicados, lo cual un uso de ellos en diferentes ámbitos, desde la adquisición de proyectos hasta la implementación y evaluación de estos pasando por el desarrollo de capacidades y aprendizaje personal.
- Los usos de modelo son definidos sin prioridades previas, lo cual permite que se establezca la prioridad de cada uso de modelo en cada proyecto por parte de los intervinientes.
- Y, por último, los usos del modelo no son asignados a roles dentro del proyecto previamente, lo cual permite que se puedan asignar responsabilidades de los usos de modelo a roles en base a la experiencia y capacidad de los intervinientes en el proyecto.

Los usos de los modelos se pueden aplicar indistintamente a industrias o sistemas de información. Casi todos ellos hablan en sus estándares de modelado y hacen alusiones a niveles

de detalle, desarrollo, componentes, etc. En lo que se refiere a estándares BIM actuales se podría decir que funcionan como documentación que da soporte a diferentes partes de los procesos y sus componentes o productos. Algunos de los estándares más evolucionados para BIM son: ISO 19560 e ISO 29481, PAS 1192 (Reino Unido), NBIMS-US (Estados Unidos), Singapore BIM Guide (Singapur), NATSPEC (Australia) (Alonso, 2015).

De todos ellos, el PAS 1192, de Reino Unido, es con diferencia el más completo, esto es debido en gran medida a que dicho estándar se volvió de uso obligatorio en obra pública. De los demás cabe destacar que en Singapur están intentando llevar a cabo un proyecto de modelado de todo el país mediante técnicas BIM. Existen otras obras de referencia como la guía de usos del BIM de la universidad de Pensilvania que, a pesar de no ser aplicada directamente como normativa, es seguida por una gran mayoría de estudios e instituciones a modo de guía (Alonso, 2015).

Volviendo al PAS 1192, es necesario nombrar el CDE (Common Data Environment). El CDE es el espacio digital compartido en donde todos los participantes del proceso pueden intercambiar información. Se considera CDE a los programas y almacenamientos por donde fluye la información, un CDE puede ser, desde un servidor central de una oficina hasta una red LAN, o los intercambios de información que se hacen a través de correo electrónico. En definitiva, CDE es un espacio dedicado a compartir información, independientemente de su formato, empresa suministradora, etc.

Otra parte fundamental dentro del proceso BIM es la documentación, como se genera, como se gestiona y como se clasifica dentro de un proceso BIM. Basándonos en el PAS 1192, se definen tres tipos de documentos que nos ayudaran a llevar a cabo nuestro proyecto (Alonso, 2015).

El EIR (Employer's Information Requirements) es el documento que nos indica los resultados que el propietario espera del proceso BIM. Este documento nos indica que necesidades tiene el cliente y como quiere utilizar la información. Este documento tiene un carácter meramente crítico, puesto que el cliente puede necesitar o querer toda la información constructiva y detallada del edificio, puesto que se va a encargar del mantenimiento del mismo, o bien, simplemente puede necesitar utilizar la información para una fase de exposición del mismo, es decir unos 3D o unas animaciones gráficas del modelo con fines únicamente comerciales, con lo cual, no necesitaría para nada la información referente a la construcción. Por este motivo es capital que dentro de los documentos EIR definamos los LOD (Level Of Development), (entraremos en profundidad sobre estos más adelante puesto que esta especificación se basa en la especificación de la organización de arquitectos de Estados Unidos (AIA)). Los LOD son fundamentales como veremos, pues la utilización de un LOD200 o un LOD400 puede significar una diferencia de costes elevadísima (Eseverri, 2017).

El BXP (BIM Execution Plan) es el documento que se genera como respuesta al EIR, en el BXP se define como se va a ejecutar el proceso BIM, se define que herramientas y reglas se van a utilizar. Esto ayudará a que el BXP este en consonancia con los usos y necesidades planteadas en el EIR.

Por último, el MIDP (Master Information Delivery Plan) es el documento que nos indica que información se entregará, como y cuando se entregará y quien la entregará. Este documento servirá para la perfecta consonancia entre lo pedido y lo que se entrega, evitará problemas habituales como, información en formatos incompatibles o no solicitados (Alonso, 2015).

Dentro de todos estos documentos se encuentran los anteriormente citados LODs, que se pueden definir como Level of Development, así es en los EIR, o como Level of Detail. Esta última definición solo atiende a la cantidad de información que existe en el proceso constructivo y aumenta con el tiempo, puesto que solo hace referencia al proyecto, los costes y la planificación de este (Alonso, 2015).

El LOD como Level of Development define el nivel de desarrollo o madurez de información que posee un elemento del modelo, y este es la parte de un componente, sistema constructivo o montaje del edificio (AIA, 2008). Estas definiciones de la AIA para los LOD se han visto ampliadas en 2013 por la propia AIA y en 2014 por las elaboradas por BIM Forum que está basada en las definiciones de los documentos anteriores. Los LODs estandarizados y definidos por la AIA son:

LOD100: es el nivel más básico de detalle, son los elementos básicos y de concepto de un proyecto, el objeto puede estar definido por un símbolo o una representación genérica, no necesita representación geométrica puesto que estos elementos pueden depender de otros objetos con mayor definición.

LOD 200: Es el primer nivel en el que se define gráficamente el elemento, aparecen las primeras especificaciones referentes a tamaño, forma, cantidad o ubicación en el proyecto. También puede contener información no gráfica como costes, manuales, características, pesos, etc.

LOD 300: En este nivel el elemento está completamente definido gráficamente y se especifican con precisión tamaño, forma, cantidad y/o ubicación en el proyecto respecto al conjunto de elementos que lo conforman. También puede incluir información no gráfica como en el LOD 200.

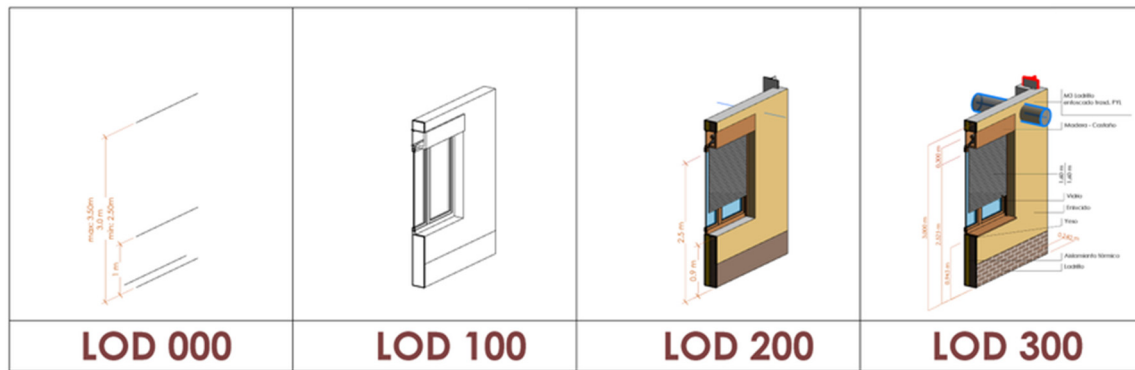


Figura 19. Esquema gráfico de desarrollo niveles LOD 000 a LOD 300

LOD 350: Este nivel es equivalente al nivel anterior con la diferencia de que este detecta las interferencias que existen entre elementos. Son elementos utilizados en proyectos con alto nivel de desarrollo, en donde se producen interacciones de elementos de diferentes disciplinas. Su uso o modificación afecta al análisis, la programación y la coordinación del proyecto.

LOD 400: Los objetos en este nivel están perfectamente definidos geoméricamente, también están posicionados en el proyecto y su pertenencia a un sistema constructivo también está definida al detalle, así como, su uso, dimensiones, montaje, instalación, forma, ubicación y orientación. También puede incluir información no gráfica.

LOD 500: Los objetos en este nivel están perfectamente definidos geoméricamente, también están posicionados en el proyecto y su pertenencia a un sistema constructivo también está definida al detalle, así como, su uso, dimensiones, montaje, instalación, forma, ubicación y orientación. Toda la información contenida en este nivel se puede verificar con un proceso constructivo finalizado, denominado “As built”. La información contenida en este nivel puede sustituir a la de otros niveles inferiores equivalentes y siempre contendrá la información del agente responsable de su ejecución. También puede incluir información no gráfica. Este nivel de detalle puede utilizarse para aplicaciones futuras, como usos, mantenimientos, especificaciones, estado actual, gestión y explotación u otras como modificaciones o renovaciones futuras.

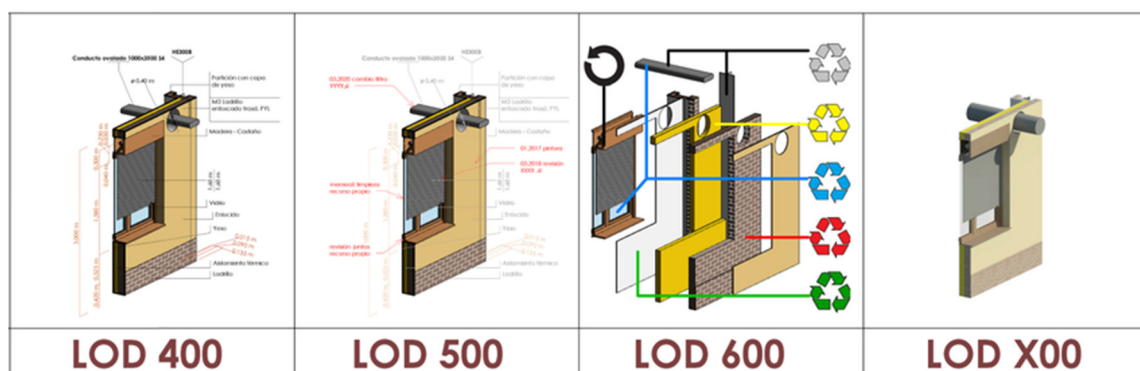


Figura 20. Esquema gráfico de desarrollo niveles LOD 400 a LOD X00

LOD 000, LOD 600 y LOD X00: Estos LODs no están definidos por la AIA (2008), pero Como comentamos anteriormente, los LODs son niveles de información y están abiertos a crear nuevos niveles de información, en este caso se han implementado estos tres nuevos niveles, que se definen para los siguientes usos:

LOD 000: En este nivel se incluye toda la información referente a la ubicación del proyecto, características topográficas, del entorno, geotécnicas y las propias del terreno de actuación, superficie, divisiones, ref. Catastral, etc.

LOD 600: Este nivel define todos los parámetros referentes al reciclado de todos los elementos del modelo. Está basado en la normativa europea (Horizonte 2020) para la creación de edificios eficientes y en la obligatoriedad de reciclar el 70% de los residuos a partir de 2030. Hace alusión directa al control de gasto del edificio.

LOD X00: Este nivel ha sido incluido al final por que se encuentra un poco al margen del resto de niveles, consiste en el escaneo 3D de edificios que van a demolerse o a cambiar de ubicación. Aquí el elemento estará definido geométricamente al detalle. Así mismo permitirá hacer estudios de distancias, texturas, etc. (Alonso, 2015).

Los niveles LOD se utilizan para parametrizar cada uno de los elementos y pasos de un proyecto, ayudando estos a la maduración de todas las partes implicadas en el mismo. Por ello se considera que el Software BIM “ideal” ha de tener diferentes funcionalidades, desde mostrar datos hasta compartir y procesar información y datos entre las diferentes disciplinas y metodologías que conforman el grupo de trabajo, sin que se produzcan conflictos o pérdidas de información. Estas metodologías para compartir datos BIM podrán diferenciarse en:

Exchange: En este caso cada software BIM es independiente, pero tiene la posibilidad de compartir parte de sus datos de tal modo que otros softwares BIM puedan recibir, acumular y procesar dichos datos. (CSV, XML, DNG) (Alonso, 2015).

Integración de datos: En este caso los datos de diferentes metodologías BIM se intercambian, siempre en un contexto BIM, pudiendo compartir información de diferentes sectores (arquitectura, ingeniería, análisis) e integrándolos y localizándolos dentro de un mismo modelo computacional (IFC, CIS) (Alonso, 2015).

Interoperabilidad de datos: La interoperabilidad se puede dar de muchas maneras, pero en todas ellas la característica principal es la linealidad, es decir, los datos creados por el software BIM 1 pasan al software BIM 2, después al software BIM 3 y así sucesivamente. En este caso el modelo BIM es interoperable por todos ellos, pero en diferentes momentos, lo que hace que esta

metodología presente una limitación importante, en tanto y cuanto, no permite compartir datos actualizados simultáneamente entre las diferentes disciplinas (Alonso, 2015).

Federación de datos: se basa en la vinculación de archivos, es decir, los datos de un modelo BIM están directamente vinculados a los de otro modelo BIM. Los datos de estos modelos son modelos BIM de referencia, que pueden poseer enlaces a datos externos, que están disponibles inmediatamente. Imaginemos una puerta: los datos externos serían el acceso al coste de la puerta, la disponibilidad, el cómo mantenerla, el manual de instalación, etc.

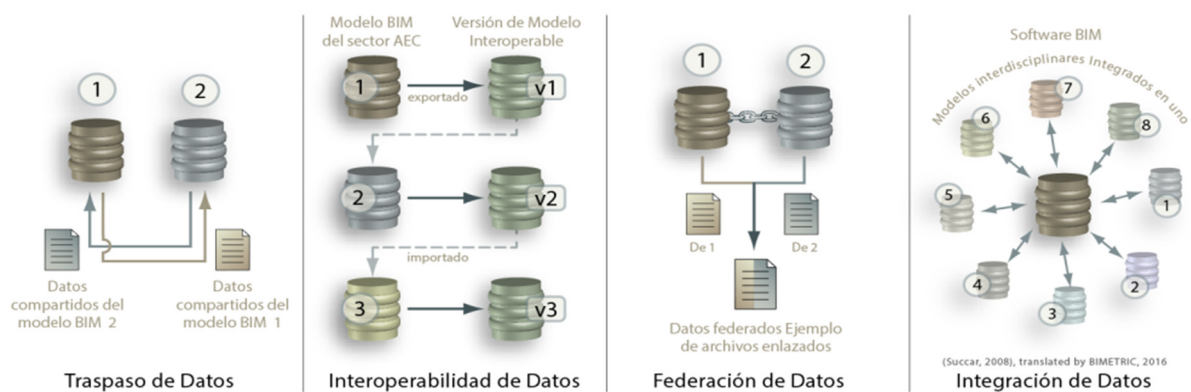


FIGURA 21: Formas de compartir los datos en BIM

Todas estas formas de tratar y compartir la información nos llevan al siguiente punto para definir qué son las metodologías BIM y los estándares de como se trata la información contenida en los modelos y procesos BIM (Bimetriclab, 2016b). Los formatos o modelos de información de la construcción son objetos que representan elementos físicos reales tales como puertas o ventanas, etc. y los modelos BIM enmarcan como estos objetos y el espacio interactúan entre sí (Alonso, 2015)

2.2.2 BIM vs CAD

Para desarrollar este punto es imprescindible alejarse del primer pensamiento que se viene a la cabeza al comenzar a leer acerca de esta “comparativa” o “problemática”, un tanto ficticia, pero que tiene desconcertada a la mayor parte del sector AEC, y particularmente a la de los profesionales del sector de la arquitectura. Este pensamiento es ¿cuál es mejor, BIM o CAD?, este es el error más común que se comete al intentar crear una confrontación inexistente. Las metodologías y procesos BIM son totalmente diferentes a las metodologías CAD y como se ha visto anteriormente, se basan en conceptos y principios totalmente diferentes. A pesar de ello, es necesario saber cómo actúan unas y otras en referencia a su implementación en el desarrollo de proyectos de arquitectura.

En puntos anteriores se ha tratado que el BIM se centra en la eficiencia de sus procesos y la relación entre los agentes involucrados en los proyectos. Se trata de integrar arquitectura, ingeniería y construcción dentro de un modelo de desarrollo innovador, eficiente y colaborativo de los procesos de edificación, tratando de evitar errores en el proceso de producción y la gestión de la información, tal y como ha venido sucediendo en los últimos años con las metodologías y procesos de trabajo tradicionales (CAD), las cuales han mostrado un grado de evolución o corrección de estos errores casi nulos en todos estos años de uso (Succar, 2015a).

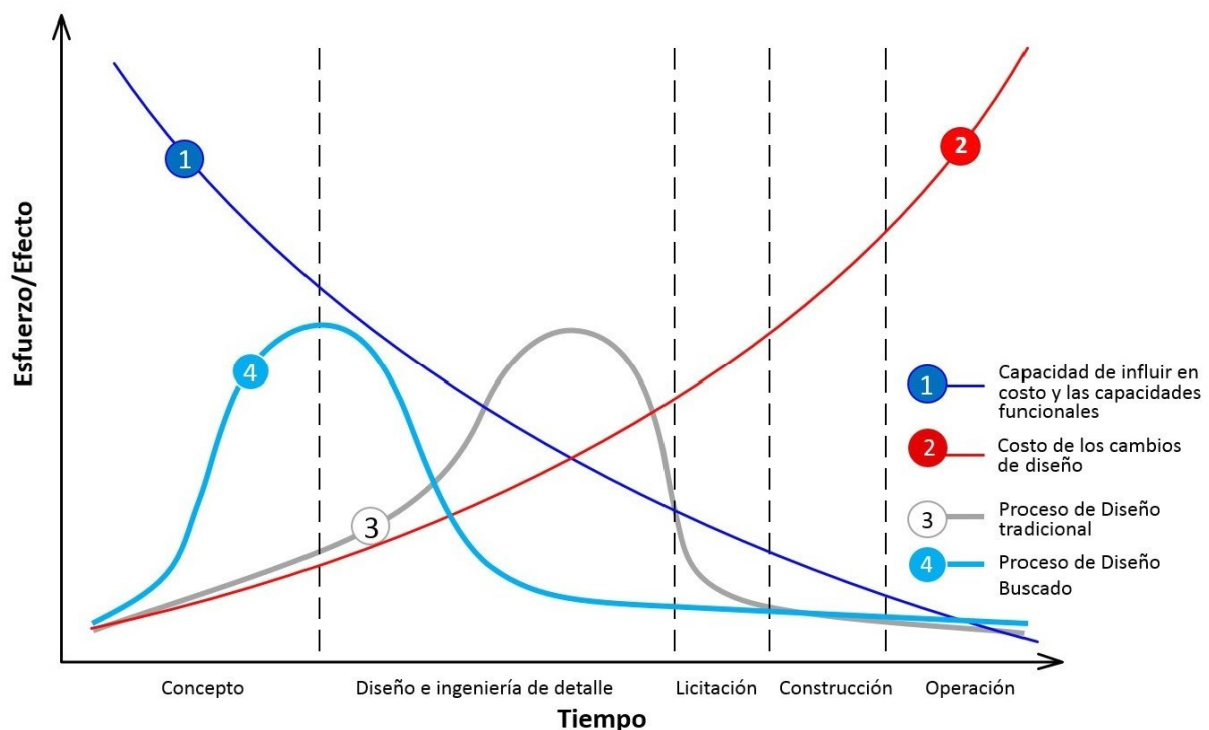


FIGURA 22. Curva de Esfuerzo/Tiempo de Patrick Mac Leamy

Según Patrick Mac Leamy¹ (2017): “En estos tiempos de presupuestos limitados ya no se puede perder dinero en procesos que ya no funcionan bien y están llenos de dificultades.”

Mac Leamy en 2005 desarrolló la gráfica anterior para integrar e intentar explicar cómo se implementan las metodologías BIM en la metodología de trabajo tradicional. En esta curva se identifican las diferentes fases que engloban los procesos de diseño de un proyecto hasta su construcción. En ella se confrontan el esfuerzo que se realiza en las fases de un proyecto con las metodologías tradicionales frente a las fases que se realizan con procesos y metodologías BIM. En la gráfica se observa claramente que con la utilización de las metodologías BIM se produce un aumento del esfuerzo en la fase inicial del proyecto, invirtiendo mucho tiempo en la etapa de concepto, diseño y desarrollo, dando como resultado una reducción de costes en las fases más avanzadas del proyecto, así como, mejor y más rápida respuesta ante cambios o modificaciones surgidas debido a la información producida. Por otro lado, el proceso de diseño tradicional disminuye el esfuerzo inicial y alarga el tiempo de diseño, provocando un aumento de los costes y del tiempo, pudiendo estos incrementarse exponencialmente en caso de modificaciones en las fases de diseño o ejecución del proyecto (Bimetriclab, 2016c).

Mover el esfuerzo hacia la etapa de diseño, significa identificar todas las necesidades del proyecto y los usuarios finales de este en la fase inicial, pudiendo mostrar al cliente final un modelo exacto de cómo será su proyecto y cómo funcionará, evitando de este modo, modificaciones futuras, que serían costosísimas y ralentizarían el proceso de ejecución, tal y como sucede en la actualidad (Bimetriclab, 2016c).

Se puede decir que los proyectos poseen un ciclo de vida en el que necesariamente se dan tres fases principales, vistas en puntos anteriores, que son, diseño, construcción y operaciones, pero el cómo desarrollarlas o el cómo abordarlas se antoja fundamental para el desarrollo del proyecto y sus tiempos. Con las metodologías BIM, no se está reduciendo el esfuerzo que se ha de hacer para realizar un proyecto, si no que se está moviendo este esfuerzo en el tiempo para elevar la calidad del proyecto (Bimetriclab, 2016d). Bilal Succar (2016) enumera estas fases o etapas, como el las denomina, y que efectos tienen, junto con la implementación del BIM, en el ciclo de vida de los proyectos (Bimetriclab, 2016d).

Por otra parte, para poder marcar bien las diferencias entre BIM y CAD, se suele tener en cuenta el modelo de madurez y rendimiento del Reino Unido conocido como IBIM o Cuña BIM que crearon M. Richards y M. Bew en 2008.

¹ Jefe ejecutivo de HOK, empresa fundadora de Building Smart

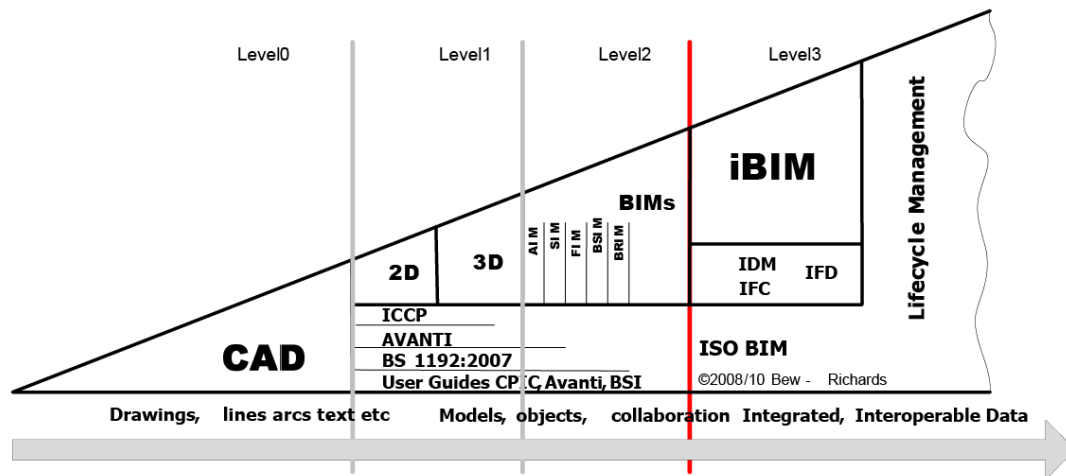


FIGURA 23. Modelo de madurez BIM en UK.

Este modelo se estableció en 2011 en el GCCG (Government Construction Client Group) y se utilizó para dar forma a cómo funcionarían las metodologías BIM en Reino Unido. Este modelo ha sido y es clave en las políticas de difusión del BIM en Reino Unido. Aunque el modelo está un tanto obsoleto debido a sus niveles tan diferenciados, todavía se utiliza como base para gente que pretende añadir niveles o potenciar los ya existentes, de hecho, existen versiones tremendamente más amplias que esta (Succar, 2015a).

Los niveles BIM 2 y 3 son contenedores de infinidad de estándares y guías. Los componentes pueden ser evaluados dentro de estos contenedores, por ejemplo, el del PAS 1192, pero no se puede evaluar el contenedor de estos, puesto que se actualizan constantemente, además de crearse nuevas especificaciones. Los niveles BIM tampoco se pueden utilizar para evaluar las habilidades de las organizaciones, los individuos o equipos, puesto que el modelo iBIM (Level 3), descrito arriba, no incluye los procesos de evaluación necesarios para ello. Es decir, no puede usar los niveles BIM para establecer la capacidad de colaboración de una organización o individuo, la realización de análisis de todo tipo u otras acciones llevadas a cabo por estos agentes (Succar, 2015a).

Los niveles BIM si son eficientes para la identificación de objetivos de política, aprendizajes o probar el cumplimiento de estándares predefinidos. Es decir, cada nivel (contenedor) representa los objetivos que todas las partes han de conocer y cumplir. Como es obvio, cuanto más estandarizados estén estos, sus componentes y sus subcomponentes, más fácil será evaluar a los utilizadores y su experiencia en cada uno de estos elementos (Succar, 2015a).

El motivo que ha hecho que la cuña no se utilice como referencia propiamente dicha, es que no es un modelo de madurez BIM propiamente. Se considera que un modelo de estrategia, política o una metodología de la industria, serían mucho más adecuados, puesto que, las

estructuras y definiciones en los diferentes niveles del BIM, encasillan la difusión del BIM dentro de los mercados o las organizaciones (Succar, 2015a). A pesar de ello, queda clara la necesidad de dar el siguiente paso, y cruzar el “abismo” definido en el siguiente gráfico, hacia la implementación de las metodologías BIM en los proyectos de arquitectura (Moore, 2000):

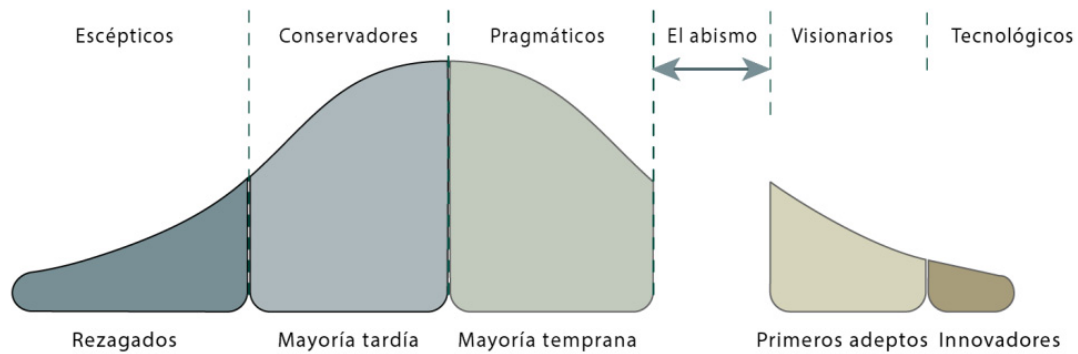


FIGURA 24. Cruzando el Abismo, de Geoffrey Moore

La necesidad de que la industria del AEC de el paso hacia las metodologías BIM, se puede decir que esta frenada por ese abismo, en donde además de englobar a los escépticos, conservadores y adeptos, se podrían incluir a los políticos y gobiernos que impiden esta evolución, mayormente por la ignorancia o el desconocimiento hacia lo que es BIM y sus metodologías.

2.3 EL PATRIMONIO EDIFICADO Y SU CONSERVACIÓN

Es innegable que para conservar el Patrimonio Edificado es fundamental documentar la información obtenida de las intervenciones o construcciones llevadas a cabo en él. La utilización y optimización de los recursos tecnológicos, humanos y económicos disponibles ha de ser necesaria para su conservación, puesto que la pérdida de información documental, la falta de organización y la ausencia total de protocolos de actuación, almacenamiento o difusión del Patrimonio genera la necesidad de la creación de una guía o protocolos para la gestión y conservación de este.

En el siglo XX comenzó la creación de esta “guía” o protocolos para la conservación del Patrimonio Edificado con la identificación, rescate, restauración y puesta en valor de este. En este siglo estas acciones han cambiado y se han identificado e implementado otras acciones, como necesarias para dicha conservación. En capítulos anteriores se han tratado metodologías que establecían relaciones entre el lugar y su entorno natural para dar identidad a este o a su patrimonio (Criado, 1996), pero hoy en día, con la evolución tecnológica, la terminología y los conceptos sobre arquitectura y urbanismo existentes, esta caracterización se puede realizar a través de su Patrimonio Edificado (Domingo & Muíña, 2011).

La conservación del Patrimonio Edificado ha sufrido una evolución enorme desde que este fue considerado como una intervención sobre los monumentos históricos, en donde pasó a denominarse Patrimonio Edificado en vez de Patrimonio Cultural Inmueble, y se vinculó a orígenes de todo tipo. A día de hoy, el Patrimonio Edificado, se considera que viene dado por apreciaciones y referencias que aportan nuevas áreas de conocimiento y formas de entender el Patrimonio (Rangel, 2003).

Esta conexión de los lugares con su entorno, creando conceptos como “sitio”, en donde, el conjunto de edificaciones y las expresiones culturales de sus sociedades (en un determinado tiempo) hacen que se genere el principio de autenticidad de este (Rangel, 2003).

En la Carta de Venecia (ICOMOS et al., 1964) en su artículo 6 dice “La conservación de un monumento implica la de un marco a su escala. Cuando el marco tradicional subsiste, éste será conservado, y toda construcción nueva, toda destrucción y cualquier arreglo que pudiera alterar las relaciones entre los volúmenes y los colores, será desechada” y en el 14 “Los lugares monumentales deben ser objeto de atenciones especiales a fin de salvaguardar su integridad y de asegurar su saneamiento, su tratamiento y su realce. Los trabajos de conservación y de restauración que en ellos sean ejecutados deben inspirarse en los principios enunciados en los artículos precedentes.” Estos artículos son la confirmación de que el Patrimonio Edificado ha de tener relación con su entorno puesto que la conservación de este será, en gran parte, dada por

la autenticidad de su entorno y no solo por sí mismo de forma aislada, ya que los valores de este por su aspecto, significado, representatividad, antigüedad, etc., es decir, valores históricos, tienen un significado diferente hoy en día, ya que estos se encuentran ligados directamente a la capacidad de la sociedad que los gestiona, para la conservación y preservación del Patrimonio, así como la del desarrollo de acciones futuras sobre él (Hernández et al., 2011).

Estos principios que relacionan directamente el lugar o entorno natural con el Patrimonio Edificado vienen dados en gran medida por la autenticidad de este, y por la relación de historia y tiempo que caracteriza las intervenciones llevadas a cabo, que se adecuan a criterios y normas derivadas de organismos (UNESCO, ICOMOS, ICROM, etc.) preocupados por todas las facetas del Patrimonio Cultural. Esta preocupación quedó plasmada en diversas cartas que hicieron alusión a diferentes aspectos del patrimonio para la conservación, restauración y legado a generaciones futuras (Hernández et al., 2011).



FIGURA 25. Escudo de San Andrés de Cornellana tratada con PetroBIM.

Según Rangel (2003, Pág. 62), “la autenticidad de los objetos culturales, están determinados por una valoración, que ponen en énfasis el papel del valor documental de los edificios, el valor y el significado, y por ende como manifestación cultural, hasta sacralizarlos”. Esto significa que para la preservación del Patrimonio Edificado los criterios que se han de seguir serán, criterios de identificación, definición e intervención.

El criterio de identificación será utilizado en el proceso metodológico para la conservación del Patrimonio como herramienta para definición del contexto social y cultural del bien, complementando estos a los valores estéticos del mismo, y que hace que las intervenciones pierdan el carácter individual y sean más objetivas y fiables. El segundo criterio, como su nombre indica, se utilizará para la definición de las ideas que se aplicarán sobre este, y por último los criterios de intervención ayudarán a la selección de qué conservar y cómo conservarlo (Domingo & Muíña, 2011).

La aplicación de estos criterios sobre el patrimonio lo dota de carácter, identidad y significado, lo que hace a su vez que el entorno de este se vea directamente definido por estas mismas características, dándole una identidad propia. A lo largo del tiempo se ha visto como estos criterios han ido cambiando y se han implementado diferentes criterios a las actuaciones sobre el Patrimonio edificado (Domingo & Muíña, 2011).

Las intervenciones que se llevan a cabo siempre tienen el mismo denominador común, que es la potenciación de los recursos culturales, a través de proyectos de preservación, restauración y protección de estos bienes. Estas intervenciones van desde, la vuelta al estado prístino del edificio, hasta la modificación o recodificación de este, en donde se le dota de un sentido original y se le agregan nuevos valores. Estos principios e intervenciones además de los de sostenibilidad, muy presentes hoy en día, también se tienen en cuenta los usos que se darán al Patrimonio una vez restaurado, bien la recuperación de su uso original o la adecuación o reutilización de este a un nuevo uso (Domingo & Muíña, 2011).

En conclusión, la conservación del Patrimonio edificado, ha de tener en cuenta el contexto de este, sus valores, tanto históricos como documentales, así como, el saber poner en valor el legado de este para las generaciones futuras, mediante el respeto por sus valores de autenticidad, legitimidad y veracidad, buscando el equilibrio entre lo preexistente y lo contemporáneo.

2.3.1 PROBLEMÁTICA PARA LA CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO EDIFICADO Y APLICACIÓN DEL BIM.

Como se ha tratado anteriormente, el Patrimonio Edificado es fruto de las relaciones entre diferentes etapas temporales, sus contextos sociales, políticos y tecnológicos. Estas relaciones dan carácter al lugar en donde se integran edificios y espacios urbanos que van definiendo el uso que estos reciben y recibirán a lo largo de su historia.

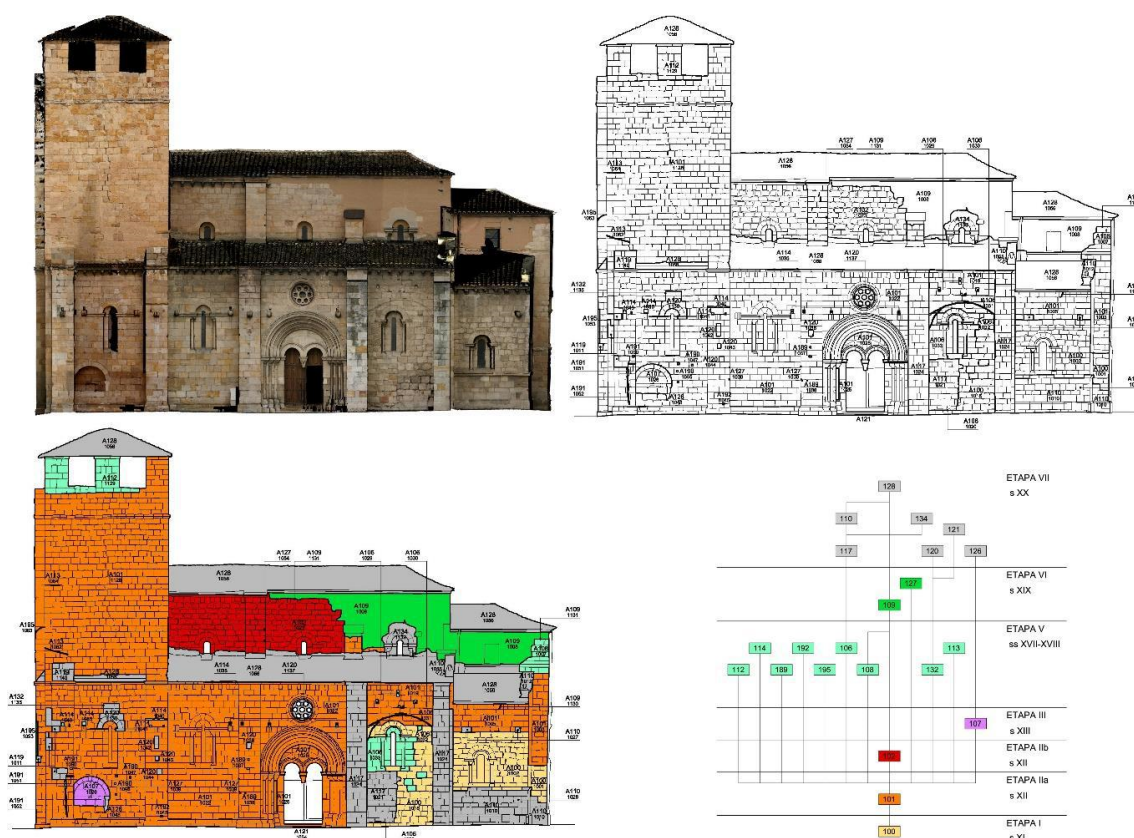


FIGURA 26. Análisis arquitectónico de la Iglesia de Santiago de Burgo en Zamora, España.

Cualquier edificio parte del Patrimonio Edificado, como cualquier otra vertiente del Patrimonio Cultural, poseen características propias que lo encuadran en espacio temporal diferente al presente. Esto implica que las técnicas de construcción empleadas no tienen nada que ver con las actuales, lo cual genera que la interpretación de estas sea diferente según quien realice el análisis del edificio (Dore & Murphy, 2012).

Por ello a través de las metodologías BIM se pueden diferenciar claramente construcciones patrimoniales de construcciones contemporáneas, puesto que las construcciones contemporáneas atienden a metodologías constructivas, materiales y proyectos mayormente estandarizados, mientras que las construcciones patrimoniales históricas, atienden a una

evolución temporal en la que ha sufrido diferentes construcciones, demoliciones y transformaciones, además de que casi todos, por su época de creación, no atiende a sistemas patronados, sino a su propia singularidad (Ciribini et al., 2015).

A pesar de esta definición, es obvio que el Patrimonio Edificado presenta singularidades que atienden a sistemas constructivos, características o elementos, que sí han sido catalogados en el pasado o como parte de un determinado estilo arquitectónico o cultural. Esto suele llevar a engaño, pues salvo casos puntuales, los elementos que caracterizan a los edificios han de analizarse en base a su singularidad y no al estilo del edificio, debido a que, es necesario entender la existencia de una superposición espaciotemporal en estos edificios y sus usos (Ciribini et al., 2015).

De estas afirmaciones se desprende que, los edificios que conforman el Patrimonio Construido son fruto de una evolución sucesiva y que por tanto el análisis de estos también lo es, esto quiere decir que el conocimiento en el punto de análisis del edificio es limitado, puesto que atiende a técnicas e investigaciones existentes que pueden desconocer parte del conocimiento o de la caracterización que ese bien puede ofrecer (UNESCO, 2014). Buen ejemplo de ello son las pirámides egipcias, que todavía continúan desprendiendo datos y conocimiento acerca de sus usos, sistemas constructivos, etc. o la reconstrucción de la catedral de Notre-Dame, que necesita de técnicas de última generación para su correcta reconstrucción.

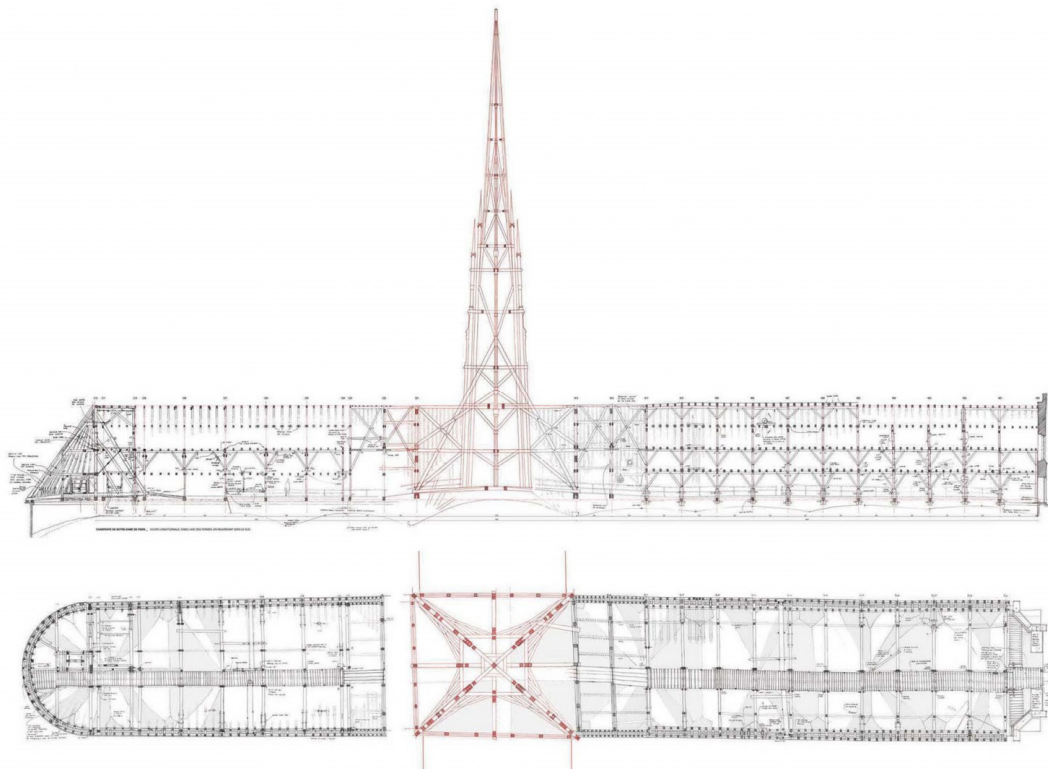


FIGURA 27. Sección y planta de la cubierta de Notre-Dame

La imposibilidad de caracterizar, definir o datar de forma clara e imparcial, las secuencias históricas de un edificio con las técnicas tradicionales existentes hacen que la aplicación del BIM como herramienta integradora para delimitar la sucesión de transformaciones históricas, las patologías, o los diferentes estados, sea necesaria como paso evolutivo en la realización de proyectos sobre el Patrimonio. Al tratarse el BIM de una metodología capaz de integrar a diferentes profesionales, dentro de diferentes etapas del proyecto y de diferentes tipos de actuaciones, hace que la interoperabilidad de arquitectos, geólogos, ingenieros, restauradores y otros profesionales implicados en los proyectos, sea estrictamente necesaria para un análisis mucho más exacto y veraz. La coordinación de estos profesionales implicados, la organización de los estudios realizados y sus resultados, generarán especificaciones documentales más eficaces y valiosas para estudios y generaciones futuras (Tommasi et al., 2016).

El BIM es el vehículo para la creación de una metodología sistematizada que se basa en la gestión de la información de modo unificado, de fácil acceso a todos los participantes de los proyectos y a su vez actualizable en tiempo real por estos. Esto significa que la acumulación de conocimiento por parte de estos profesionales sobre el bien de estudio, y la participación activa de estos en la búsqueda de ese conocimiento, generará decisiones consensuadas mucho más efectivas (Tommasi et al., 2016).

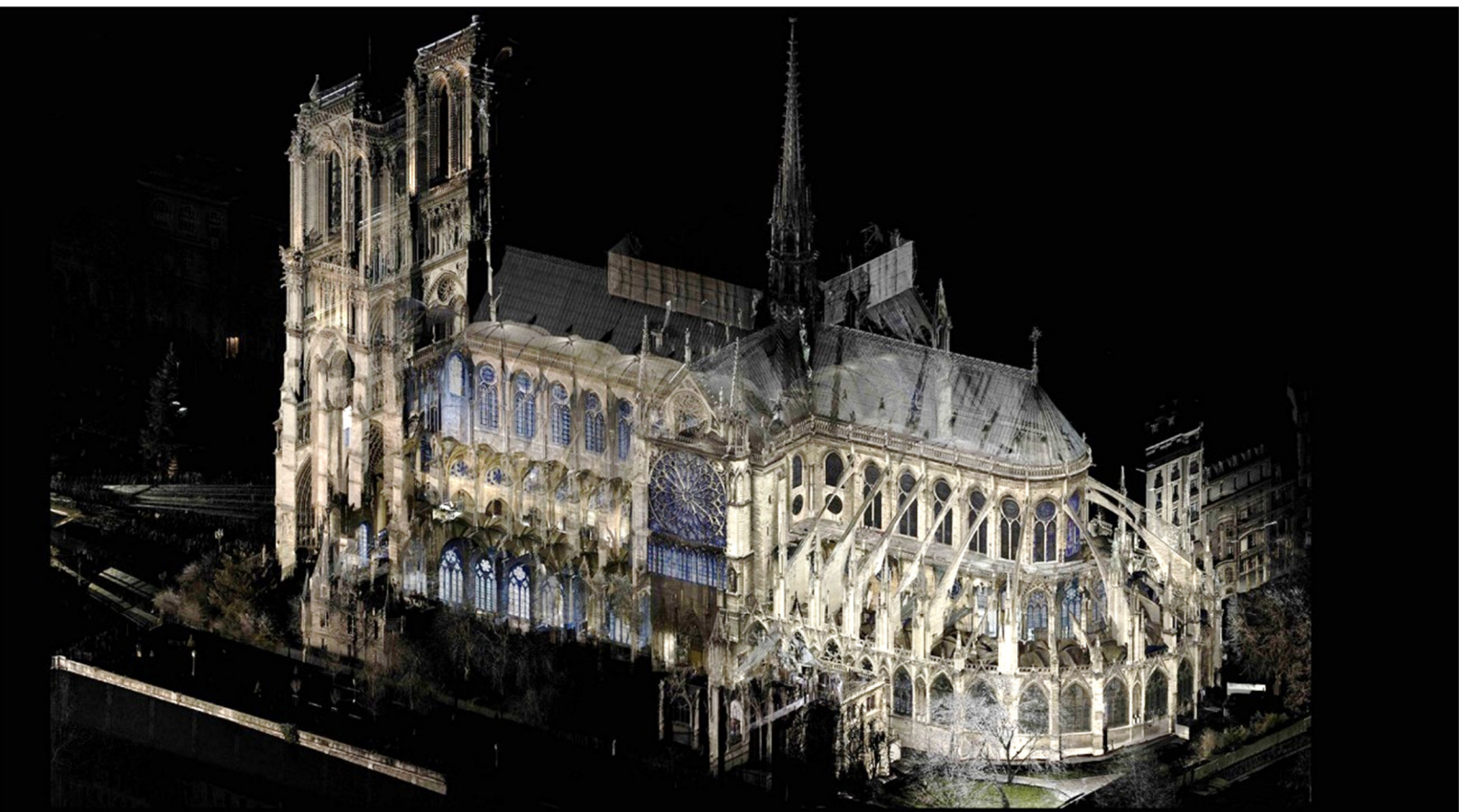


FIGURA 28. Modelo tridimensional de la catedral de Notre-Dame mediante escaneo laser.

Para la correcta implementación de las metodologías BIM en los proyectos sobre el Patrimonio Edificado es necesaria la definición de los objetivos que se pretenden y cómo se pretenden alcanzar. Esta fase o nivel inicial será fundamental pues en este tipo de metodologías las decisiones iniciales son inherentes a las acciones futuras, esto quiere decir que de estas decisiones saldrán el tipo de acciones aplicadas sobre el caso de estudio. Ya sea un proyecto arquitectónico, acciones de conservación, planes de difusión, puesta en valor, o la realización de estudios medioambientales o protocolos de mantenimiento de este, en general, cualquier tipo de acción que se pueda aplicar en un futuro al edificio (Tommasi et al., 2016).

La instauración de un protocolo para la creación y coordinación de las fases de trabajo será indispensable, el nivel de desarrollo BIM (LOD), precisión, tipo de información y nivel de detalle deberán estar perfectamente definidos pues este es el paso inicial para la consecución de los objetivos del proyecto. Una vez establecidos estos se establecerán las fases y funciones a realizar en cada una, los participantes en de estas fases o niveles y una calendarización programada que ayude a combinar tareas, entregables y requisitos BIM (Ciribini et al., 2015).

La creación de un protocolo de actuación deriva directamente en un incremento exponencial, no solo de la calidad de los proyectos aplicados al Patrimonio Edificado, sino a la preservación, mantenimiento y transferencia de estos a generaciones futuras. Este protocolo BIM debe vertebrarse en función a los participantes, los objetivos y los entregables que se soliciten (Chiabrando, Sammartano, & Spanò, 2016).

En una segunda fase o nivel de actuación se llevará a cabo una actualización de los diferentes campos de conocimiento acerca del edificio de estudio. Esta suma de diferentes conocimientos debe estar controlada y centralizada entre los participantes, de tal modo que la difusión de la información sea lo más correcta y directa posible. De este modo toda la información precedente será susceptible de análisis, crítica y discusión por parte de todos los participantes. Este protocolo BIM ha de tener presentes las especialidades de los intervinientes ya que de sus especialidades derivaran los diferentes tipos de documentación... arqueología, historia, sistemas constructivos, patologías, etc. Así mismo, en este nivel se desarrollarán actividades complementarias entre sí, como puede ser el análisis evolutivo del edificio, la gestión de la documentación gráfica existente, o análisis estructurales, materialidad, usos históricos, envolvente, etc. (Cheng, Yang, & Yen, 2015 ; Chiabrando et al., 2016).



FIGURA 29. Colaboradores de Le Corbusier en Studio 35 rue de Sèvres en París

En el tercer nivel es estrictamente necesario la realización previa de diferentes acciones por parte de los intervinientes. Primeramente, es necesario delimitar los objetivos y como se actúa sobre ellos, es decir, que acciones se llevan a cabo (restauración, conservación, intervención, etc.) para la definición de su nivel de desarrollo (LOD) dentro del proyecto. Una vez alcanzadas estas definiciones se documentarán gráficamente los objetivos y, por último, se dividirán las partes del modelo BIM a realizar y la realización de la información complementaria a este, para ello es importante el conocimiento previo del edificio con el mayor detalle posible (Cheng et al., 2015 ; Chiabrando et al., 2016). Una vez llevadas a cabo estas acciones, el modelo BIM habrá sido creado, así como la información asociada a este y estará disponible en tiempo real para todos los participantes, creando un marco de trabajo colaborativo y evolutivo en tiempo real.

El modelo BIM funcionará como elemento vertebrador para todos los participantes del proyecto, con lo cual es necesario que toda la información contenida en el refleje fielmente y de modo lógico, sus características, pues se trata de una base de datos del edificio de estudio en tiempo real.

Por último, una vez realizado el modelo BIM y el total conocimiento del edificio de estudio, comenzará la fase de diagnóstico de este. Este análisis es interdisciplinar y transversal a todas las disciplinas participantes en el estudio, pues los resultados obtenidos, serán siempre

consensuados y correctamente analizados para su implementación en las respuestas a los objetivos planteados en el edificio estudiado, haciendo estas mucho más rigurosas y veraces. En el caso de las metodologías BIM, esta interoperabilidad transversal es instantánea, debido a sus características de metodología colaborativa (Cheng et al., 2015 ; Chiabrando et al., 2016).

Desde estas acciones aplicadas a través de las metodologías BIM se consigue generar una base de información de diagnóstico y análisis del patrimonio mucho más veraz, y a su vez valiosa de cara a futuros proyectos de ejecución y obras sobre estos bienes patrimoniales.

En base a estas actuaciones los proyectos de ejecución se abordarán de un modo similar a como se hacen mediante el método tradicional, es decir, anteproyecto, proyecto básico, estado final o ejecución. La única diferencia importante entre el uso o no de BIM, estará en que la definición de todos los elementos del proyecto a través de este facilitará la evolución del proyecto más rápidamente y de modo mucho más fluido (Cheng et al., 2015 ; Chiabrando et al., 2016).

La primera fase o pre fase en un proyecto de ejecución será la del análisis de la información relacionada con el proyecto, desde su contexto legal, hasta la actualización de los datos de este desde el último estudio realizado sobre él. Esta fase o pre fase mediante metodología BIM, será extremadamente corta en el tiempo, puesto que, al tratarse de una metodología colaborativa, todos los intervinientes pueden realizar aportes al modelo BIM (Fornos, 2012).

La primera fase, durante el proyecto de ejecución, consistirá en el análisis de todas las actuaciones llevadas a cabo en el mismo por parte de los intervinientes en la redacción del proyecto para la correcta adecuación de las modificaciones o implementaciones que surjan. Esto quiere decir, que es estrictamente necesario, la implementación de estas modificaciones o actualizaciones, bien tengan carácter técnico o documental. Esta implementación al modelo BIM derivará directamente en la creación de un registro actualizado en tiempo real de todas las modificaciones realizadas (Fornos, 2012).

La segunda fase consistirá en la implementación al modelo BIM de todas las partidas de costes, beneficios y acciones que se llevarán a cabo. Los costes serán actualizables mes a mes, durante el desarrollo de las obras, pero en el modelo BIM se podrá realizar una simulación exacta del tiempo de obra y coste. La realización e identificación de todas las partes del proyecto ayudará a la generación de un modelo BIM basado en la composición de bases de datos mucho más completas y maleables a la hora de ser utilizada por otros profesionales (Fornos, 2012).

Una vez se hayan desarrollado estas dos fases comenzará la tercera, en donde, por primera vez, todos los participantes trabajaran en paralelo, pues se generarán informes, controles de calidad, ensayos, etc. que serán realizados por el especialista de la materia y directamente

compartido con los demás a través del modelo BIM, algunos ejemplos de estas especialidades son fotogrametría, topografía, restauración, arqueología, etc. Algunos de estos ensayos o estudios podrán contar con profesionales externos que colaboren con los especialistas de determinadas áreas de especialización, ejemplo de ello son la ayuda de fotógrafos profesionales, que colaboran con varios expertos implicados en la realización del modelo BIM (Fornos, 2012 ; Cheng et al., 2015).

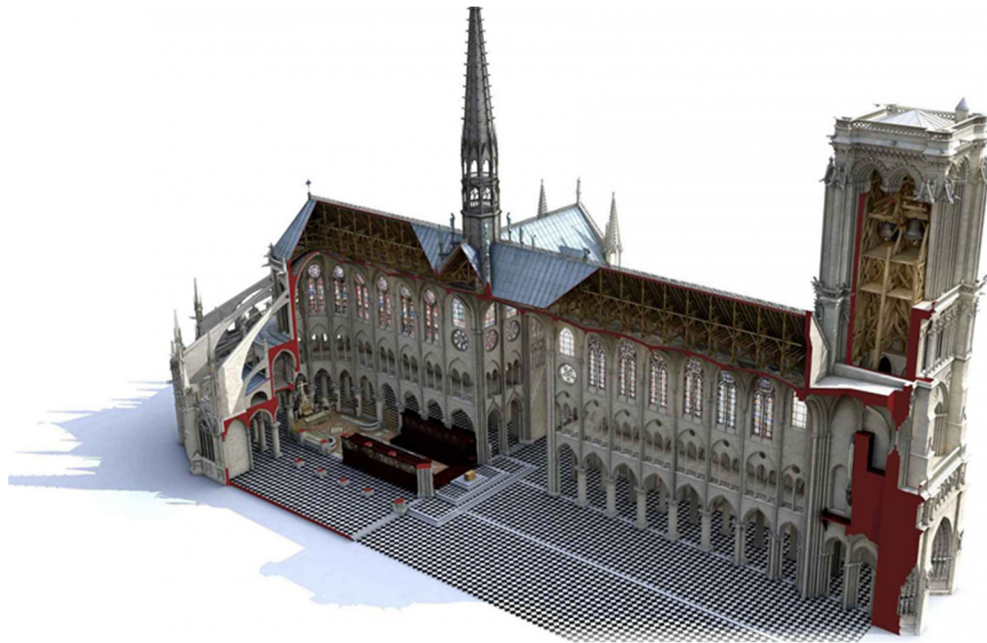


FIGURA 30. Modelo BIM de la catedral de Notre-Dame.

En la última fase, denominada en los modelos BIM como, “AS BUILT”, es donde se puede apreciar el resultado final tras todas las acciones llevadas a cabo por todos los participantes en el proyecto durante las diferentes fases de actuación. Este modelo BIM ha de funcionar no solo como contenedor documental de todo lo hecho en el edificio, sino que es altamente recomendable que cuente con un manual de las acciones futuras a llevar a cabo en el edificio para su correcto mantenimiento y conservación (Fornos, 2012 ; Cheng et al., 2015).

El seguimiento de estas fases tendrá como resultado un modelo BIM tremendamente útil a todos los niveles y por parte de todos los participantes del proyecto, tanto los presentes como los futuros.

2.3.2 MEDIDAS PARA LA CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO EDIFICADO A TRAVÉS DEL BIM.

El BIM puede y debe ser el hilo conductor hacia la creación y definición de un marco legal para la conservación del Patrimonio Edificado. Para ello es necesario implementar el BIM sobre las estrategias existentes para ello y complementarlas de manera que su valor se multiplique exponencialmente. Dos de las más importantes son la difusión cultural patrimonial y la conservación preventiva del patrimonio, en las que el BIM puede jugar un papel clave a la hora de desarrollar estas medidas (Nieto, Moyano, Delgado, & Antón, 2016).

El PCP (Plan Nacional de Conservación Preventiva) de bienes culturales de España define la conservación preventiva como:

“una estrategia de conservación del patrimonio cultural que propone un método de trabajo sistemático para identificar, evaluar, detectar y controlar los riesgos de deterioro de los objetos, colecciones, monumentos y por extensión cualquier bien cultural, con el fin de eliminar o minimizar dichos riesgos, actuando sobre el origen de los problemas, que generalmente se encuentran en los factores externos a los propios bienes culturales” (Herráez, 2015).

Este plan atiende en todos los casos a una metodología clara basada en cuatro puntos fundamentales aplicables a todos los proyectos. Estos puntos son: **Documentación, Análisis de riesgos, Implantación y diseño de protocolos y procedimientos**, y, por último, **verificación**. Este esquema de estructura rígida es un valor importante para la implementación de la metodología BIM en los proyectos de conservación preventiva puesto que este se puede implementar a muchísimas tareas dentro de estos cuatro puntos (Fornos, 2012 ; Cheng et al., 2015).

En **documentación**, se podría implementar BIM para la recopilación de imágenes, documentos, datos, esquemas, historia del inmueble, características del edificio, estado de conservación, fotografías, datos de la envolvente, datos gráficos, etc. En **Análisis de riesgos**, se podrían implementar datos para la evaluación de deterioros existentes de cara al futuro, o la evolución de diferentes materiales y partes para su conservación. Se podría llevar a cabo la creación e **implantación de protocolos** para situaciones de emergencia y a su vez **verificar** y comprobar si estos protocolos son los ideales mediante simulaciones. Todas estas acciones y otras similares generarían a su vez una base de documentación y entregables de proyecto para la conservación preventiva (Fornos, 2012; Nieto & Moyano, 2014) Algunos entregables serían:

Informes de protocolos (prevención, mantenimiento, deterioro, conservación), registros actualizados en tiempo real de incidencias, todo tipo de mediciones, daños, etc. y a su vez se crearía un archivo de documentación en donde se incluirían todo tipo de informes sobre las acciones llevadas a cabo en el inmueble y un registro fotográfico de estas para controlar los daños futuros derivados de estas acciones, tanto los reversibles como los irreversibles y la posibilidad de tener control sobre estos (Nieto et al., 2016).

En lo que se refiere a Difusión Cultural Patrimonial, el BIM puede ser una herramienta potentísima para la potenciación de esta, ya que se trata de una metodología basada en modelos tridimensionales ajustados a la realidad.

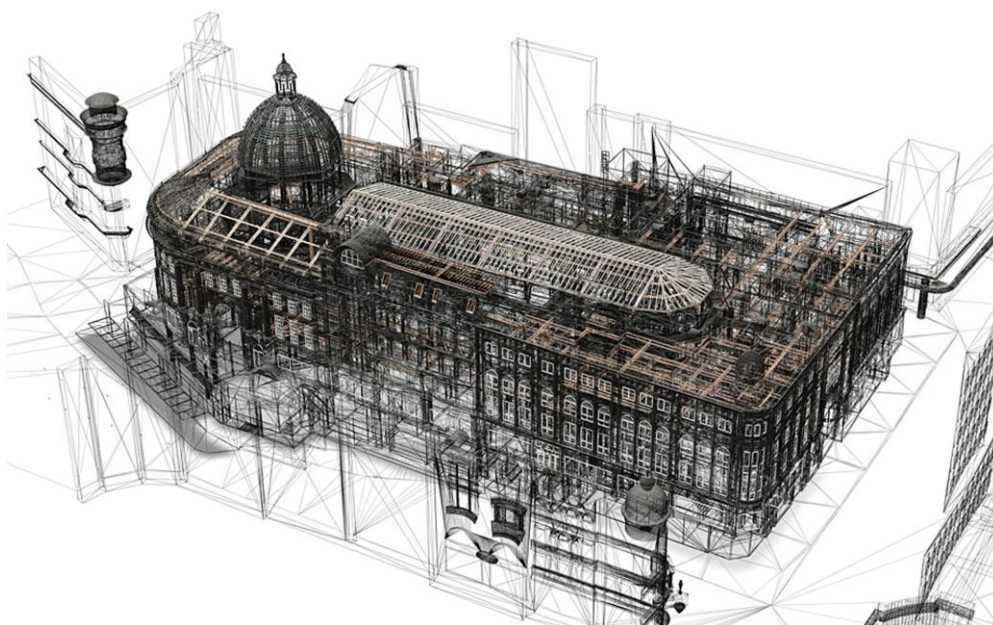


FIGURA 31. Montaje de un modelado BIM sobre Patrimonio edificado

Como se observa en la imagen anterior, la forma de mostrar el Patrimonio puede sufrir un cambio radical a como se conoce hoy en día, perdiendo las representaciones más tradicionales y artísticas, en favor de otras más realísticas, que no encasillen el edificio en una determinada época o estilo. Esta metodología es mucho más ajustada a la realidad del Patrimonio, pues el patrimonio edificado es la suma de las transformaciones que sufre el edificio a lo largo de su historia, y con esta metodología, es facilísimo, visitar todas esas épocas y todas esas transformaciones, a través del modelo BIM, sin perder nada de rigor respecto a la realidad. Por este motivo, es necesario que el patrimonio se aborde desde esta perspectiva de etapas que caractericen al edificio, pues el carácter de este y sus valores, ayudan a la recreación de los valores identitarios de las sociedades y las culturas que compartieron su tiempo con el edificio y fueron predecesoras de las nuestras (Fornos, 2012; Nieto & Moyano, 2014; Nieto et al., 2016).

Es necesario entender que el BIM funcionará como elemento integrador de la información gráfica y documental, que actualmente tiene muchas deficiencias y no se gestiona de manera interdisciplinar y transversal, lo que genera una pérdida de tiempo bestial para su recopilación, sintetización y posterior uso. Además, la generación del modelo tridimensional por parte del modelo BIM se antoja una herramienta potentísima para el entendimiento del edificio por parte de personas no especialistas, lo cual es una herramienta de ayuda para la transmisión y difusión del conocimiento patrimonial, sin la necesidad de la creación de un modelo de difusión específico. Las aplicaciones del modelo BIM para la difusión patrimonial van desde, el citado proceso interactivo con el edificio hasta la necesidad de involucrar a otros participantes para la regeneración o conservación preventiva ante las amenazas existentes. A través de los modelos BIM también se podrá tener acceso a todo tipo de documentación gráfica sobre el edificio en cualquiera de sus etapas, puesto que se podrán generar modelos 3D y 4D de este, teniendo acceso a la información escrita en tiempo real (Fornos, 2012; Nieto & Moyano, 2014; Nieto et al., 2016).

Además de ser un elemento integrador, el modelo BIM puede ampliar e implementar el catálogo de documentación técnica existente, puesto que el modelo BIM, incluye todos los sistemas y detalles constructivos del edificio a lo largo de su historia. Este tipo de nueva información y comunicación puede resultar valiosísima y se puede mostrar en diferentes niveles de detalle (LOD) en función del uso al que vaya a ser destinada (Fornos, 2012; Nieto & Moyano, 2014; Nieto et al., 2016).

3. APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA

3.1 EL PATRIMONIO EDIFICADO A TRAVÉS DE LAS METODOLOGÍAS BIM.

Para entender esta integración de la metodología BIM sobre los proyectos en el Patrimonio Edificado es necesario comprender que las metodologías BIM están basadas en la aplicación de un sistema de información digital sobre un edificio o bien patrimonial edificado, a través, de un modelo tridimensional paramétrico, haciendo de este el elemento central integrador y soporte de la información del proyecto para la gestión, creación, consulta y actualización de este.

Se establecerán premisas que han de cumplirse en todos los proyectos que se realicen y estas serán canalizadoras de la información desarrollada por el modelo BIM. Este modelo ha de ser lo más eficiente posible y ha de responder a las especialidades o ámbitos implicadas en el proyecto, es decir, historia, arquitectura, arqueología, etc. además, se generarán definiciones de los tipos de actuaciones que se llevarán a cabo, tal y como hemos visto en puntos anteriores, esto quiere decir, que tipo de tareas se desenvuelven durante la realización del proyecto, por ejemplo, protección, difusión, conservación, etc. Esto implica que el modelo deberá, obligatoriamente, tener la capacidad de asumir estas informaciones, puesto que, el modelo al igual que los bienes patrimoniales, deberán tener como característica principal, la capacidad de evolucionar. Esta capacidad contribuirá a la ordenación de la información desprendida por los elementos y las etapas componentes del objeto de estudio, quedando está perfectamente estructurada para su gestión por parte de todos los participantes del proyecto (Capone & Lanzara, 2019).

Otro punto que debe ser definido al inicio del proyecto, es la ordenación y decisión sobre los formatos de la información aportada al modelo, a día de hoy la lista de formatos es interminable y no facilita la interoperabilidad necesaria para un mejor funcionamiento y utilización de esta. Algunos de los formatos existentes a día de hoy son: doc, pdf, indd, pages, csv, xls, dat, jpg, raw, tiff, png, bmp, psd, dwg, ai, xls, csv (Capone & Lanzara, 2019).

Ante tal situación es necesario y obligatorio que toda la información presentada y generada se entregue en formatos comunes estandarizados y de formato abierto para facilitar su uso. Es necesario entender que, a pesar de esto, la tipología de los datos es variada, pues va desde presupuestos, informes, imágenes, videos o tablas, hasta dibujos vectoriales o modelos tridimensionales. La gestión de formato abierto entre estas tipologías de datos ya existe en la industria AEC y es el vehículo idóneo para la descripción, transcripción y compartición de datos en los proyectos (Capone & Lanzara, 2019).

Algunos de estos formatos fueron brevemente mencionados y descritos en el punto 2.2 en relación a la tipología e interoperabilidad de datos en las metodologías BIM. El formato más característico es el IFC, cuyas siglas significan Industry Foundation Classes, y fue creado en la

década de los 90 por la plataforma BuildingSMART, creadora e impulsora de gran parte del marco teórico-legislativo de utilización en los proyectos de arquitectura a través de metodologías BIM. Los archivos IFC están registrados en los estándares ISO (International Standardisation Organisation) desde 2013, y su descripción en el artículo 16739, relata: “Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries”. Lo cual define perfectamente el ánimo de la creación de este formato. Este formato ha sido adoptado por la mayoría de los países anglosajones con normativa BIM vigente y en Europa fue implantado como Euro norma en 2017 bajo diferentes marcos normativos como el PAS1192 o en España la UNE-EN ISO 16739:2016.

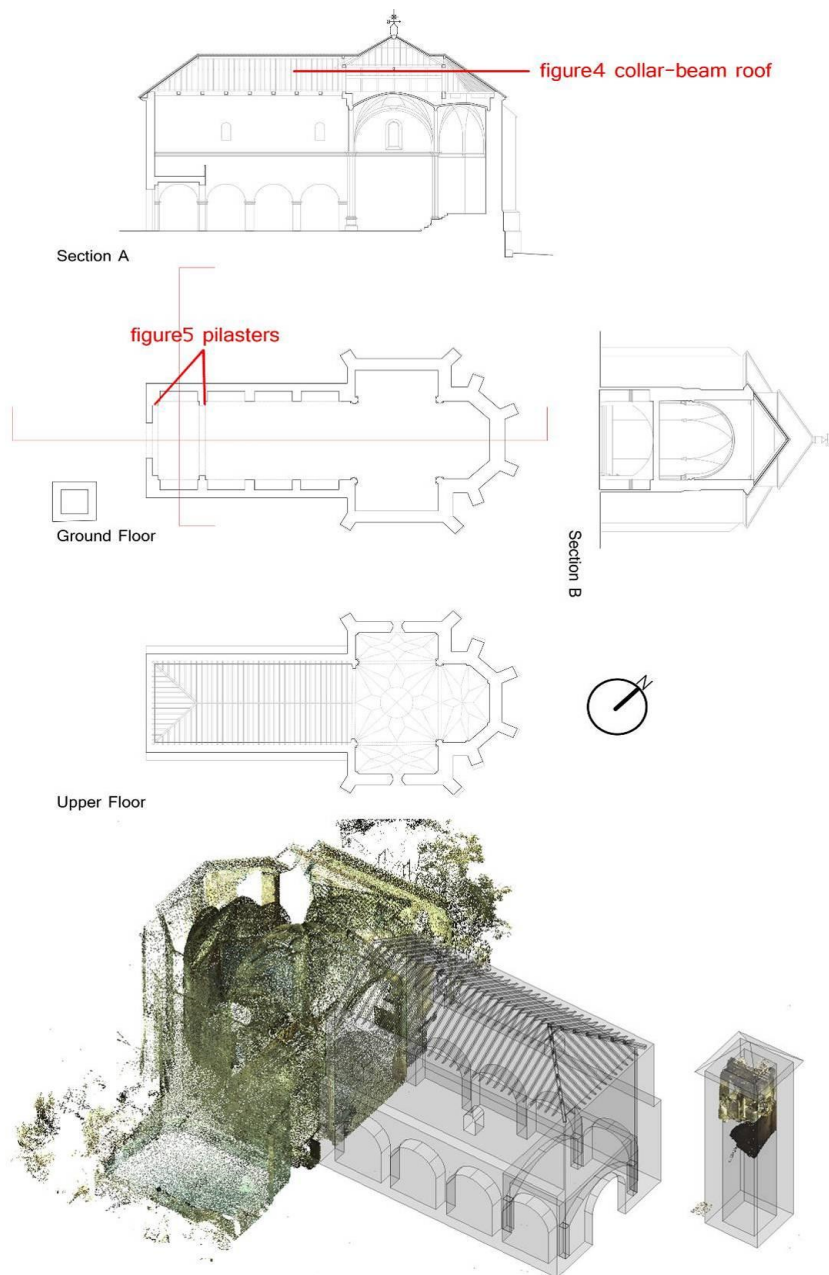


FIGURA 32. Simulación reconstructiva y documentación CAD de la iglesia de San Jerónimo en 1535. España

Una vez se disponga de toda la información, se catalogue y se ordene pertinentemente, comenzará la fase de definición del modelo de utilización. Esta información será fundamental para la creación, caracterización y restricciones que deberán definir el modelo.

Como se observa en la figura anterior la diferencia entre la documentación CAD y el modelo BIM es notable, a pesar de que ambas persiguen los mismos objetivos. Primero, salvaguardar la documentación existente, pues estos documentos son parte del bien cultural objeto de estudio y, por lo tanto, son parte de sus valores culturales y caracterizan la cultura material de este. Y segundo, la parte grafica contenida en este levantamiento, puesto que dependiendo de la cantidad de información disponible en ellos se pueden salvaguardar sus valores constructivos, formales y materiales, y dependiendo de la calidad y clarividencia de estos se podría llegar a tener información acerca de la evolución histórica del bien y sus modificaciones, lo cual nos daría también su valor histórico, a través de esta evolución.

En un modelo BIM, en cuanto comienza a generarse el modelo, es imprescindible la composición de los objetivos que desean alcanzarse con la creación de esta documentación gráfica, puesto que en función a ella se definirán que elementos requieren representación y dentro de estos, el nivel de definición, detalle y formato necesario que se demanda por parte de los intervinientes y de su campo de acción, pues la difusión del patrimonio puede llevarse a cabo, tal y como hemos visto, a través de diferentes actuaciones sobre él. Estas acciones pueden ser para el desarrollo de proyectos de conservación, planificación, mantenimiento, protección, etc. y cada especialidad puede necesitar diferentes tipos de representación gráfica en el modelo. Estas definiciones deberán tener base documental en la base de datos del modelo, puesto que esta será representada en la parte grafica del mismo.



FIGURA 33. Modelo BIM creado a través de nube de puntos.

Para la realización de este tipo de modelo BIM, se tendrá acceso a técnicas de levantamiento y documentación gráfica no utilizadas por las metodologías precedentes. Estas técnicas han de ser rigurosas, deberán mantener el carácter formal del edificio de estudio y no generar distorsiones o vacíos que deformen la realidad del mismo. Es por ello, que es necesario

el entendimiento de las metodologías utilizadas en el pasado en las técnicas y estándares de construcción, así como, las modificaciones sufridas por este a lo largo del tiempo para la generación de un modelo BIM lo más veraz y realista posible. Las técnicas para la realización de levantamientos son de lo más variadas, desde mediciones a manuales o fotografías hasta las más modernas como la fotogrametría y el escáner laser que expondrá más adelante.

La realización de estos levantamientos se puede realizar de diferentes modos como hemos visto, y según su precisión se encuadran en dos tipos fundamentales que son:

- Documentación de detalle bajo; que son aquellas técnicas de menor rigor, como croquis, documentos históricos, descripciones referenciadas, etc.
- Documentación de detalle alto; son aquellas técnicas que se tienen mayor rigor, por ejemplo: mediciones, tanto mecánicas como manuales, fotogrametría y escáner laser. Estas dos últimas se basan en la generación de una nube de puntos para la definición de la geometría y las características del edificio de estudio.

Esta clasificación atiende no solo al nivel de detalle sino también a la precisión de estas técnicas a la hora de llevarse a cabo. El nivel de detalle de la técnica hace alusión a la cantidad de información que esta incorpora a la documentación del modelo y a los entregables futuros, puesto que en función de este nivel se podrán incluir datos referentes a materialidad y lesiones en estos, detalles y sistemas constructivos y estado general del edificio o de una determinada parte. La diferencia entre detalle bajo y detalle alto determina que por ejemplo en una determinada parte del edificio se defina simplemente la geometría de las partes que la componen (detalle bajo) o se definan, materialidad, piezas, estado, sistema constructivo, etc. (detalle alto). Esta clasificación no distingue entre técnicas buenas o malas, o mejores y peores, puesto que además de los factores meramente gráficos, deberán tenerse en cuenta otros como económicos, temporales, etc. que pueden hacer que en según qué casos, la aplicación de una técnica de detalle bajo sea más adecuada (Chiabrando et al., 2016).

En lo que se refiere a precisión, en un modelo pre BIM, que todavía no es tridimensional y paramétrico, hace alusión a la exactitud métrica, es decir, cuan exacto es el modelo pre BIM en referencia al modelo real. Al igual que en el punto anterior, la elección de una técnica de detalle alto no siempre puede ser la mejor elección por exactamente, las mismas razones expuestas en el punto anterior.

Dadas estas situaciones, cabe destacar, que tal y como se repite una y otra vez, es fundamental, establecer los objetivos, detalle y precisión del modelado BIM antes de comenzar,

puesto que se deberá tener en cuenta, tal y como hemos citado, el tipo de proyecto, los medios disponibles y la finalidad del mismo.



FIGURA 34. Nube de puntos de la Iglesia de Sta. María de Portonovo

Una vez se establezcan los objetivos, se definirán el nivel de detalle y precisión, estos a su vez definirán la estrategia de modelado, que podrá ser tridimensional o bidimensional, esta última no quiere decir que el modelo BIM vaya a ser bidimensional, pues ya hemos visto que el modelo BIM es siempre tridimensional y paramétrico. Quiere decir que el modelo se basará en plantas, cortes, alzados del objeto de estudio. Es necesario conocer, que esta documentación se encuentre dentro de una métrica de diseño y tengan correlación entre ellas, puesto que han de colocarse en su verdadera posición para la extrusión y desarrollo del modelo BIM.

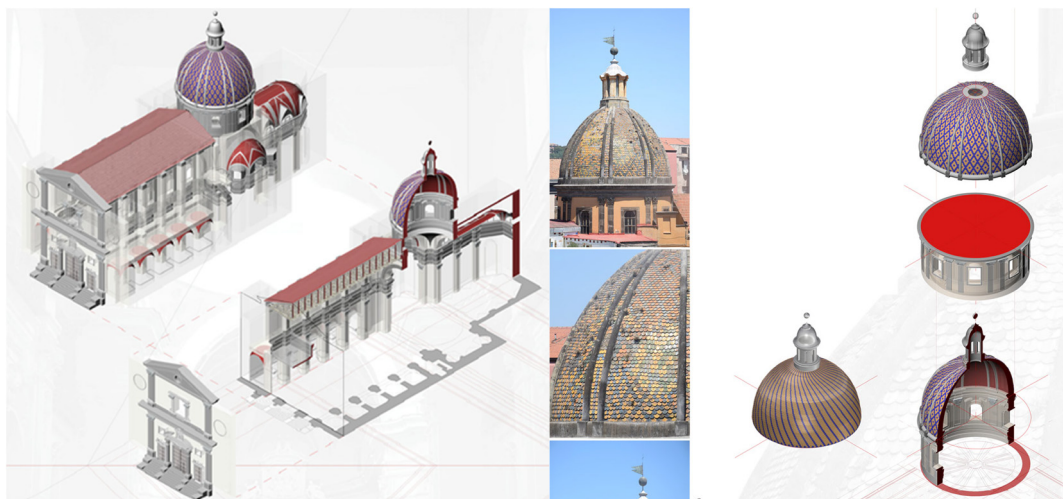


FIGURA 35. Creación de modelo BIM a través de una estrategia bidimensional. Iglesia de Sta. María de Constantinopla, Italia.

El Modelado a partir de datos tridimensionales son las ya mencionadas nubes de puntos o escaneados tridimensionales obtenidos a través de fotogrametrías, escaneados laser o elementos de medición topográfica. Al igual que con las técnicas bidimensionales, la coherencia de los datos es fundamental. En este caso, la diferenciación para la modelación se basará en la elección de todos los puntos de referencia extraídos de la medición o el uso de un modelo lo más real posible teniendo en cuenta, defectos y alteraciones del elemento de estudio. En este caso es necesario conocer que todavía los softwares de modelado BIM no implementan directamente los resultados de las mediciones laser o de las nubes de puntos, con lo cual, el error humano, a la hora de transferir esta información todavía está presente en estas técnicas.

Una vez llegados a este punto dentro del desarrollo del proyecto nos encontramos con que la combinación del grado de detalle y precisión usadas, sumadas a la técnica de modelado y la base de datos inicial, tienen como resultado un modelo BIM con un determinado nivel de desarrollo (LOD). Cabe recordar la definición que ya se hizo en el punto 2.2.1 en donde se definían los niveles actuales LOD, su capacidad y su función. Estos niveles aplicados a los proyectos BIM de patrimonio edificado actuales generan las siguientes definiciones, basadas en los marcos normativos existentes AIA (2008) y Building Information Modeling Protocol Exhibit:

- LOD 100: este nivel se incluye el modelo básico del edificio, su entorno y forma a nivel volumétrico, pero sin ninguna definición.
- LOD 200: En este nivel ya se incluiría el inicio de diseño, tamaños, ubicación y formas, pero sin elementos constructivos.
- LOD 300: En este nivel se desarrollan diseños con elementos constructivos y desarrollados de tal modo que se pueda definir el coste de las actuaciones.

- LOD 400: En este nivel se detallan esos elementos geoméricamente, se diseñan instalaciones de todo tipo, y se generan entregables con el suficiente nivel de detalle y precisión para llevar a cabo contrataciones y subcontrataciones.
- LOD 500: En este nivel el modelo sería completamente real, lo que se define en modelos BIM como “AS BUILT”, tendría todo tipo de detalles y estaría definido tanto a nivel geométrico como espacio temporal, esto quiere decir, que el modelo tendría aplicaciones para la conservación preventiva y su mantenimiento futuro.

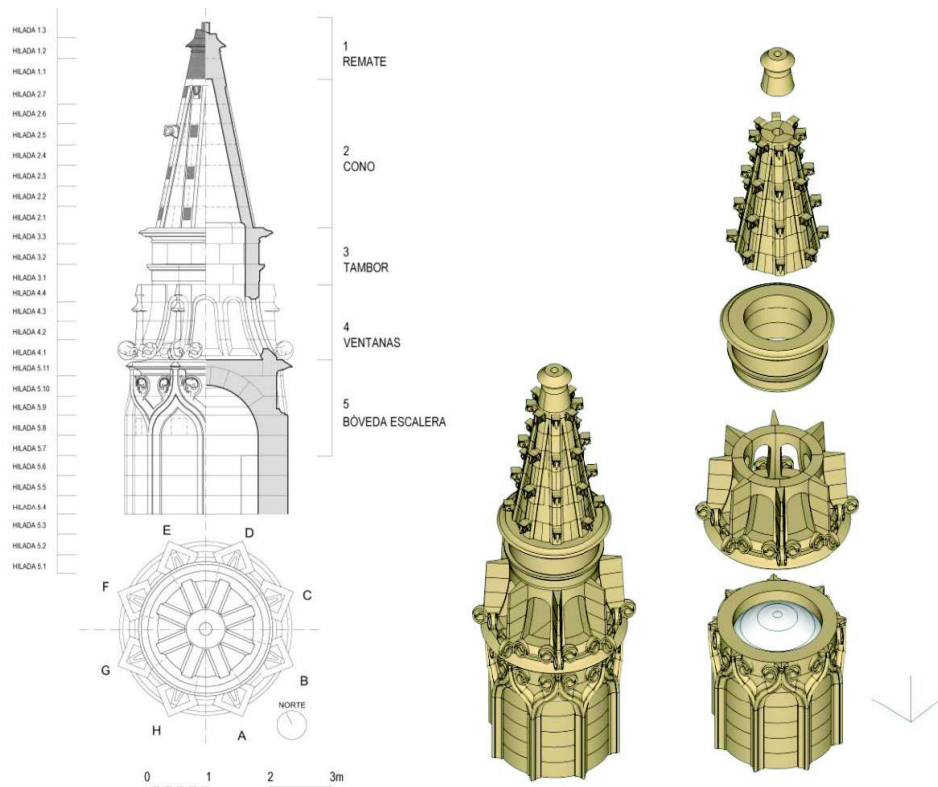


FIGURA 36. Modelo BIM del remate de la Catedral de S. Cristóbal, España.

Estos niveles de detalle de representación, no son lo mismo que los niveles de desarrollo del modelo. Los primeros hacen alusión a la cantidad de información gráfica contenida en la documentación, con el nivel de desarrollo que puede ser alcanzado por el modelo BIM y los segundos se clasifican dependiendo de la tipología de la información contenida en ellos y son rigurosamente definidos al inicio de la fase de modelado del modelo BIM.

Esta confusión es frecuente, puesto que la definición de los LOD en Patrimonio hace alusión a las singularidades de cada edificio, tal y como se muestra en los puntos anteriores y el BIM en aplicado a Patrimonio construido posee la singularidad de que se aplica a edificios y partes ya existentes que pueden o no ser objeto de intervenciones futuras como ocurre en los proyectos

de nueva construcción en donde todos los objetos definidos y el modelo forman parte de un proyecto que va a ser ejecutado en su totalidad.

Los Niveles de Desarrollo LOD en los modelos BIM, se generan, tal y como hemos visto en función de la descomposición o división del mismo, implantando categorías de definición geométrica en base a su simplificación (nivel de detalle) en la fase de modelado de estos.

Por este motivo es necesario que, en los proyectos de Patrimonio Edificado, en los que se apliquen las metodologías BIM, la estrategia inicial para la descomposición y simplificación del modelo, sean indispensables para la sistematización de los distintos tipos de información que se van a integrar en el proyecto. Esta estrategia de división del modelo estará basada en dos razonamientos complementarios. El primero es la configuración constructiva y el segundo la secuencia de transformaciones. Ambos son razonamientos complementarios y en la mayoría de situaciones la división no será de aplicación sobre ambos, sino que se implementará solo sobre uno de ellos, ya que la configuración constructiva del edificio es una “división” creada en el tiempo por las transformaciones sufridas por el edificio y viceversa. Esta sistematización se simplifica en los siguientes niveles de desarrollo:

- LOD 100: En este nivel se encuadran los modelos que carecen de ningún nivel de subdivisión, en este nivel estarían encuadradas las fotogrametrías y los escaneos laser que suelen componer mallas unitarias. Al no existir subdivisión, este nivel es el peor a la hora de gestionar información, puesto que no tiene capas para referenciar e incluir mayor nivel de detalle. En contrapartida es el mejor a nivel económico, pues el que necesita menos tiempo y recursos para su creación.
- LOD 200: En este nivel ya comienza a existir la subdivisión dentro del modelo, estas subdivisiones son básicas y definidas por los espacios generales del edificio o modelo objeto de estudio, por ejemplo, torreones, puentes, alas, etc. y sus secuencias de transformaciones más básica, es decir, fases, etapas o periodos históricos relevantes.
- LOD 300: En este nivel el modelo está definido y dividido por sus componentes constructivos y su secuencia de transformaciones cuenta además de con las partes básicas con otras de mayor nivel de detalle.



FIGURA 37. Modelo BIM LOD (300) de la Iglesia de Sta María La Real de Mave. España

- LOD 400: En este nivel el modelo ya está completamente definido por sus materiales constructivos, es decir, mamposterías carpinterías, solados, etc. y la secuencia de transformaciones incluye todas las transformaciones básicas, fases, etapas y periodos además de interactuar con otras de mayor complejidad como, actividades del edificio o unidades estratigráficas.
- LOD 500: Este es el nivel de máximo detalle, el modelo está definido por sus materiales constructivos y la secuencia de transformaciones conformada por las transformaciones con mayor detalle. Este es el nivel de división más grande que se puede obtener, siendo el más y mejor optimizado para gestionar la información del proyecto, lo que implica directamente el de mayor coste y utilización de recursos para su desarrollo.

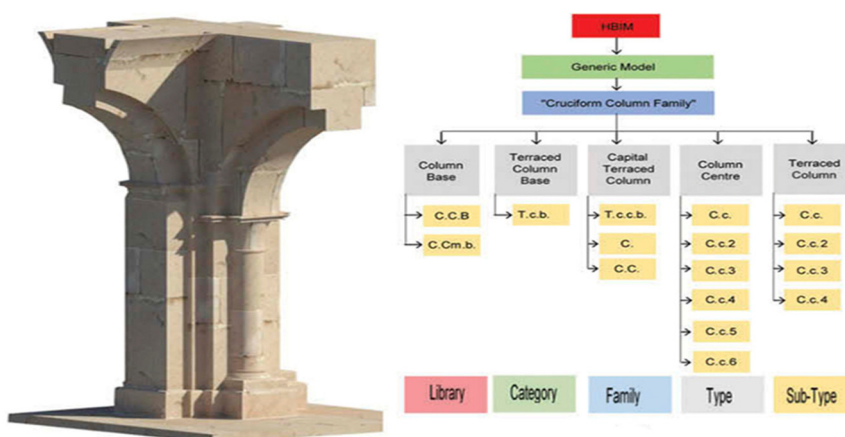


FIGURA 38. Modelo BIM LOD (500) de la Iglesia de Sta María La Real de Mave. España

Esta clasificación de división por niveles no debe ser ajena al conocimiento del Patrimonio Edificado. Esto quiere decir, que independientemente del nivel de desarrollo del proyecto realizado sobre el bien estudiado es necesario complementarlo con el conocimiento previo sobre el bien patrimonial.

3.2 METODOLOGÍAS BIM APLICADAS AL PATRIMONIO EDIFICADO. URBIM

En la actualidad es fácil encontrarse con términos como BIG DATA, SMART cities o LOT, sin saber que al hacerlo estamos interactuando con términos que son propios de la gestión de datos de una ciudad. En proyectos a escala urbana, son muchísimos los participantes, la información a tratar, puesto que está muy diversificada y los objetivos a llevar a cabo. A través de las herramientas BIM, se consigue crear y clasificar esta información, creando modelos digitales inteligentes, basados en plataformas colaborativas, que permiten mejorar y simplificar la gestión de las estructuras urbanas, generando bases de datos actualizadas en todo el ciclo de vida del Patrimonio.

A nivel global, ya existen iniciativas, para abordar esta tipología de proyectos a través del BIM, por ejemplo, Berlín, tiene información geolocalizada de todos sus edificios en base BIM, o el ambicioso proyecto de Singapur de generar un modelo BIM completo de su país.

El proyecto que se describe a continuación fue realizado por la empresa C95 Creative para el ayuntamiento de Ayacucho en Perú, las actuaciones que se muestran se realizaron en un periodo de 6 meses, en donde se llevó a cabo el levantamiento de más de 150 manzanas, para llevar su posterior desarrollo en proyectos de restauro, rehabilitación, recuperación y mejora del espacio urbano, así como soporte para aplicaciones de realidad virtual y catastro digital entre otras.

En este caso, se muestra la ciudad de Ayacucho, ciudad peruana situada en los Andes y que posee uno de los conjuntos arquitectónicos históricos más importantes de su país. Es conocida como la ciudad de las iglesias, por la innumerable cantidad de ellas que posee desde la época colonial. También es conocida como, ciudad señorial, por su arquitectura. Como la mayoría de lugares del mundo, su patrimonio ha sufrido años de deterioro y abandono, y ha carecido de ningún plan estratégico para su conservación o crecimiento urbano. En la actualidad, se han marcado una serie de objetivos muy claros y bien definidos. Se pretende declarar patrimonio de la humanidad su casco histórico, a través de la mejora de su espacio urbano, se pretende el desarrollo de una Smart City, a través de la mejora de su gestión, creando un plan de turismo sostenible y acercando a sus gentes a su identidad e historia, creando una ciudad mucho más segura y con un impacto económico grande al dar a conocer todo el potencial de la ciudad.

Dados estos objetivos, se generó el marco del proyecto, que no es otro que el levantamiento BIM del casco histórico de la ciudad de Ayacucho, para la obtención de un modelo base real de la ciudad para generar un programa futuro de actuaciones, generando datos y espacios virtuales para diferentes propuestas. Esta digitalización, implementa soluciones aportadas por las

tecnologías BIM en colaboración con la gestión urbanística adecuada. Todo esto con el objetivo de optimizar los recursos existentes, simplificando los procesos y dando respuestas a las demandas tanto de los ciudadanos como de la propia administración, creando medios digitales para la consulta, uso e interoperabilidad, a través de una gestión urbanística eficiente.

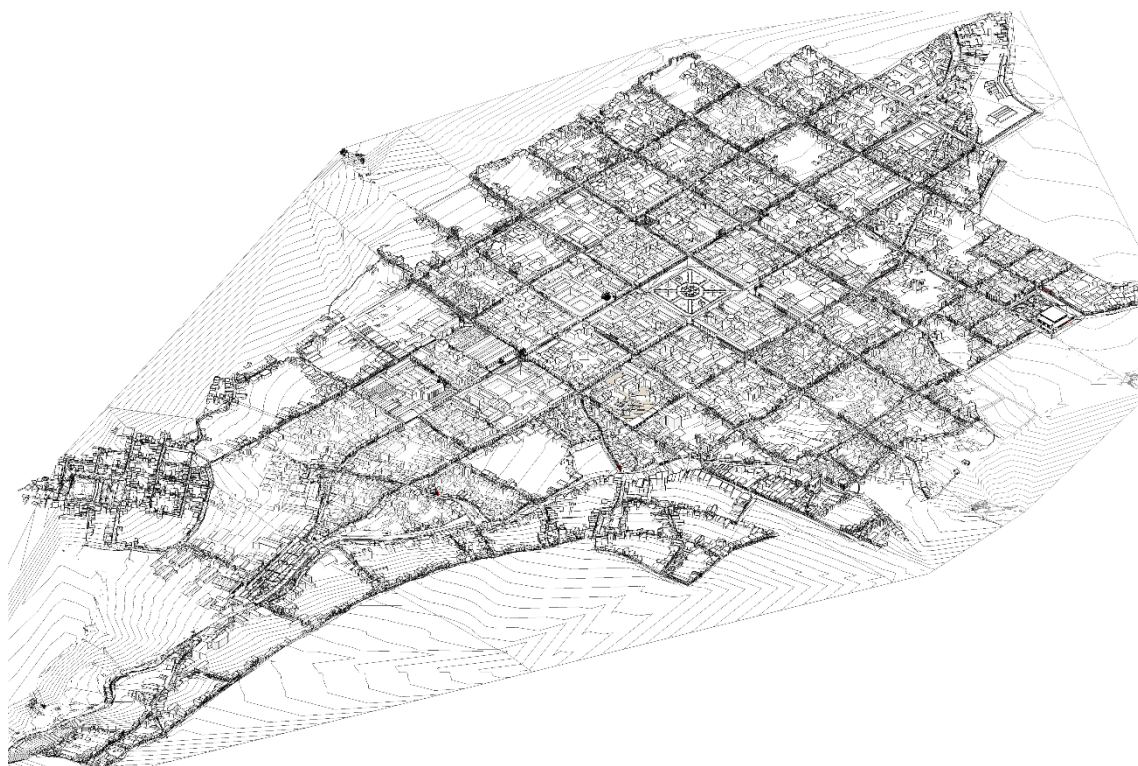


FIGURA 39. Modelado BIM de la ciudad de Ayacucho, Perú

En una fase previa se lleva cabo la recogida de datos mediante tecnología de escaneado con nube de puntos, combinando varias técnicas, como son el mapeado Mobile Mapping, estación fija de escaneado e imagen aérea a través de un dron, siendo todas estas informaciones tratadas de forma conjunta mediante software de gestión de nube de puntos y modelado BIM.

En una segunda fase, se realiza el levantamiento geométrico digital de la ciudad, y se establecen los diferentes LODs en función a las necesidades del desarrollo del proyecto, haciendo que este aumente hasta la generación de un modelo afín a multitud de usos y plataformas de trabajo.

Es fundamental entender que el cambio para el desarrollo de las ciudades y el levantamiento de nuevas construcciones está sufriendo una transformación, provocada por el potencial de los nuevos avances tecnológicos y el desarrollo de estas aplicaciones electrónicas. Estas aplicaciones hacen que se genere un nuevo marco de trabajo y crea un nuevo nivel de integración en el ámbito de la arquitectura y el urbanismo, de ahí que el desarrollo de estas dos primeras fases deba derivar en la creación de un modelo digital que sea “objetivo”, de cara a poder ser utilizado indistintamente en diferentes ámbitos y por diferentes profesionales.

En este caso, se ha establecido una zona de actuación de que incluye 154 manzanas, para un total de 229.36ha, lo que equivaldría a 41km lineales de actuación. Es importante entender que el proyecto se desarrolla en un eje Norte – Sur y Este – Oeste, para la configuración de una cuadrícula métrica que abarque todo el casco histórico.

El proceso de digitalización de una ciudad ya existente o construida, se denomina ciudad digital, ya que en él se encuadran multitud de visiones y enfoques tecnológicos para el desarrollo de una ciudad totalmente virtual que refleje la realidad de las ciudades, configurando lo que es la base de las Smart Cities. Este proceso es lo que se conoce como URBIM, en donde se aplican estas estrategias y metodologías con base BIM a la generación de la realidad urbana, facilitando el diseño eficiente de infraestructuras, sistemas de mantenimiento y conservación. En definitiva, una base para el desarrollo económico y social de las ciudades, basado en el análisis virtual de simulaciones y estrategias que definan un desarrollo sostenible basado en evidencias y contrastado a través, de una base de datos real.

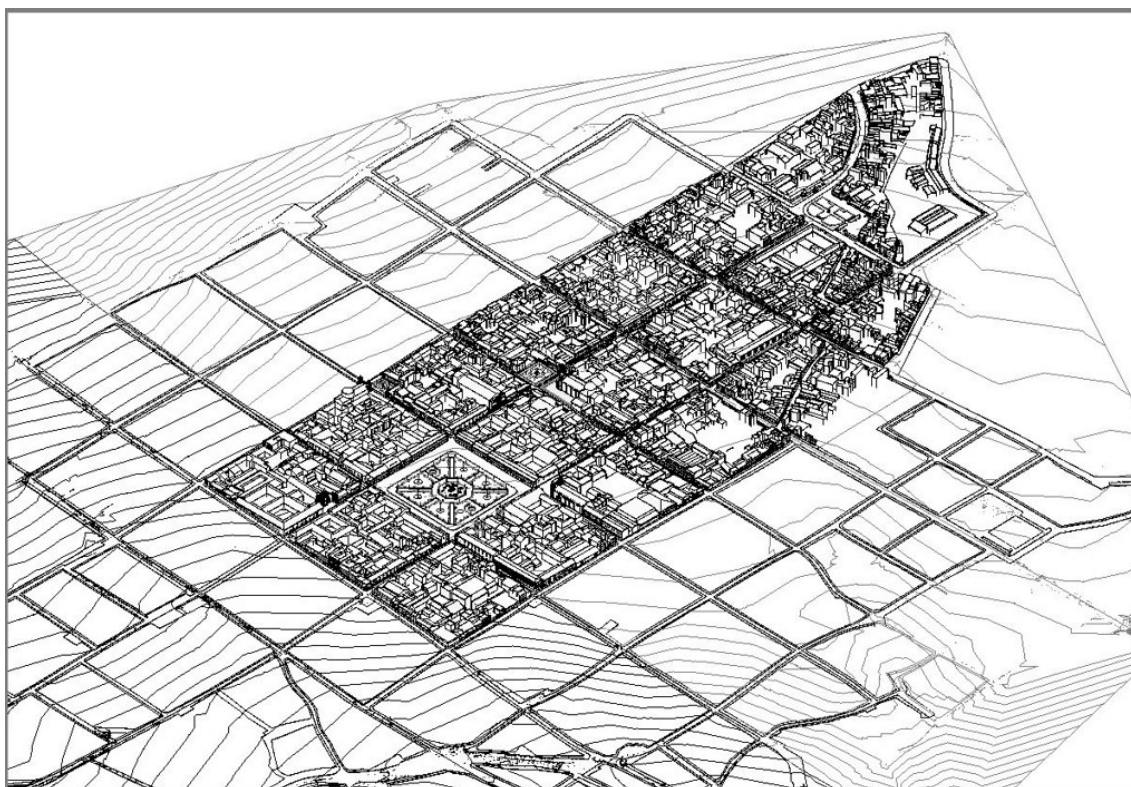


FIGURA 40. Desarrollo del modelo de modelos de la ciudad de Ayacucho, Perú.

Al desenvolver este modelo, basado en el desarrollo de un catálogo de diferentes elementos urbanos, completamente normalizados y parametrizados, se genera un impacto científico – técnico brutal, puesto que estos modelos dotan de una identidad real al conjunto, colaborando con la optimización del proceso de digitalización, clasificando la información disponible y apoyando esta en las imágenes generadas por el mapeado de las estaciones de escaneado, dotando de valor al patrimonio.

Esta información recogida en el modelo BIM es enlazada directamente con el catastro, actualizando y completando este con la normativa, reglamentación y planes, tanto de protección como de intervención. Quedando así, perfectamente catalogados, todos sus edificios y sus singularidades.

En este modelo también se recoge la información para los futuros planes de desarrollo urbanístico. Creando lo que sería la base de un catastro BIM, que estaría permanentemente conectado al modelo, por medio de diferentes fuentes externas, quedando así, este completamente actualizado en tiempo real, a través del intercambio y actualización de los datos, generando las bases de una Smart City.



FIGURA 41. Mapeado virtual del casco histórico de Ayacucho mediante Dron (UAV).

Con este estudio pormenorizado de la ciudad y su estado actual, se planifican diferentes tipos de proyectos de desarrollo y recuperación para la mejora del espacio urbano y la rehabilitación de edificios, poniendo así, nuevamente, en valor los bienes culturales de la ciudad. Se crean recorridos por los modelos virtuales desarrollados y videos 360º con las imágenes, como la de la figura anterior, haciendo que tanto técnicos como ciudadanos sean partícipes de la reconstrucción y rediseño de la ciudad, a la vez que se genera una consciencia del valor del patrimonio que existe en ella.

Todo este modelo virtual, de información y geometría, será también, la base para la creación de nuevas plataformas turísticas, las cuales ya se están desarrollando, teniendo estas, un uso e impacto sobre el modelo completamente bidireccional, puesto que, el intercambio con plataformas de seguridad, ayudará a la geolocalización y gestión de este.

En lo que a impacto económico se refiere, se puede decir que el compendio de todos estos puntos descritos, remodelación urbana, revalorización del patrimonio y desarrollo de nuevas

aplicaciones tecnológicas, otorgan a la ciudad de Ayacucho un valor turístico mucho mayor que el que tenía antes de la realización de este proyecto.

El modelo BIM, es, además, utilizado para otras aplicaciones como la simulación de intervenciones urbanas más eficientes, repercusión de cortes por obras y tráfico, sostenibilidad y patrimonio en la intervención sobre fachadas e impacto de nuevos elementos urbanos en la ciudad. En referencia al patrimonio intervenido, se aprovecha el mismo modelo BIM, para planificar acciones futuras teniendo en cuenta, un control de costes exacto y plazos de ejecución de las obras por parte de la administración.

Sin duda todas estas actuaciones hacen que el modelo BIM cobre una dimensión relevante y prioritaria dentro del conjunto de acciones a desarrollar por parte de cualquier administración. Para ello se lleva a cabo un proceso que es minuciosamente detallado antes de la realización del proyecto, se describe este proceso en la tabla siguiente:

| | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic | Ene | Feb | Mar |
|---------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Estrategia | ■ | | | | | | | | |
| Toma UAV+MM | ■ | | | | | | | | |
| Toma IP40 | | ■ | ■ | | | | | | |
| Procesad Nube | | ■ | ■ | | | | | | |
| Catalogo | ■ | ■ | | | | | | | |
| LOD100 | | ■ | | | | | | | |
| LOD200 | | | ■ | ■ | ■ | ■ | | | |
| LOD300 | | | ■ | | ■ | ■ | ■ | | |
| LOD400 | | | | | | | ■ | | |
| Información urbana | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | | |
| Visores | | ■ | | | | | | | |
| VR | | | | ■ | | ■ | ■ | | |
| RCP+ Modelo | | | | | | | ■ | | |
| Proy.Rehabilitación | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| Aplicaciones | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| Catastro Digital | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |

FIGURA 42. Tabla de planificación del proceso de digitalización.

Describiendo, punto por punto, la tabla anterior el proyecto comienza con la toma de datos y la creación de las nubes de puntos. Este proceso de creación del modelo virtual se lleva a cabo a través de tres medios principalmente, que son:

- UAV(Dron) DJI inspire, que aporta la información relativa a toda la vista en planta de la ciudad, es decir, cubiertas, patios interiores, etc.
- El MM (Mobile Mapper) Leica Pegasus TWO, que permite la obtención de datos tridimensionales en HDR (calidad de imagen de alto rango dinámico).
- Y, por último, la estación laser P40, que permite dar mayor definición a aquellos bienes o elementos que sea necesario dotar de un detalle mayor para su correcta

definición, así como, datos no accesibles de otro modo como son, obras o zonas peatonales. Esta es la tecnología de las tres que ofrece mayor calidad y mejor exactitud.

Estas nubes de puntos se depuran a través del software Cylone, que permite enlazar las nubes de puntos obtenidas en un solo documento, pudiendo realizar así, un modelado de máxima precisión.

Una vez realizado este documento se crea un modelo AS BUILT, completamente parametrizado, que se utilizará de base para cualquier actuación en el futuro, bien sea reformas, conservaciones o gestión de proyectos futuros, transformando este conjunto de informaciones en un modelo puramente BIM.

Para la confección de este modelo, el dron ha realizado un total de 11 vuelos a una altura media de 100m y solapando imágenes a una distancia inferior al 80%, registrando 3918 imágenes, lo que se traducen en un GSD (Ground Sample Distance) de 4.62cm, o lo que es lo mismo, la distancia entre puntos que se obtiene de esta medición.

Todas las imágenes registradas son procesadas con el software PIX4D y se obtiene una nube de puntos por correlación de imágenes. Estas imágenes están georreferenciadas por sistema GPS, para la realización de puntos de control que ayuden al posterior ensamblado con imágenes provenientes de otros tipos de mediciones.



FIGURA 43. Nube de puntos del dron (UAV) de la ciudad de Ayacucho.

Para la consecución de estas imágenes se han utilizado 17 puntos de control sobre la superficie objeto de estudio, siendo estos puntos fácilmente identificables a través de la nube de

puntos del MM. El láser P40 y la cámara Istar, fueron los generadores de las imágenes de zonas que precisaban de mayor detalle, puesto que ambas funcionan de modo estático y tienen la capacidad de tomar hasta 1 millón de puntos por segundo y un alcance de 120m en condiciones meteorológicas ideales. Con lo cual para la obtención de la calidad demandada por el proyecto se realizaron escaneos cada 25 metros aproximadamente, aumentando estos en zonas de mayor interés como, plazas, monumentos, arcos u otros elementos que requerían mayor nivel de detalle.

La toma de datos del MM se realizó en solo dos días se hizo de forma dinámica debido a la buena planificación previa realizada con el software Inertial Explorer v8.70 (Novatel), que realizó el cálculo de trayectoria más adecuado, evitando la repetición de intersecciones de calles del ámbito de actuación del proyecto.

En esos dos días se realizaron tres sesiones, para la fragmentación de la información registrada, consiguiendo así, una menor desviación y una mayor exactitud en los puntos de control seleccionados. También se estudió el balance y exposición de los blancos de todas las cámaras utilizadas para esta medición, para la generación de una cúpula de visión con un perfilometro con 200Hz de frecuencia de rotación.

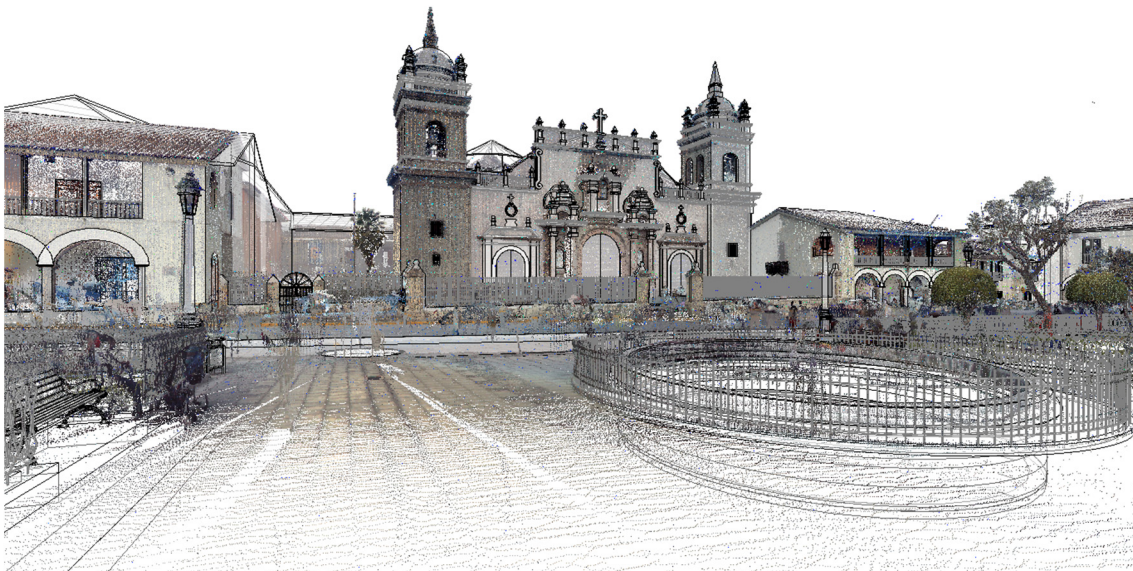


FIGURA 44. Modelado obtenido de la nube de puntos.

Para la sincronización de toda la información generada por estas cámaras y el sistema de registro, se usó el software Pegasus, de la casa Leica Geosystems, combinando las imágenes esféricas con las nubes de puntos del perfilometro. Se ajustó todas las imágenes evitando ninguna desviación entre ellas y la realidad superior a los 20mm. Este proceso se llevó a cabo

para generar la imagen de 360° en donde la suma de las informaciones e imágenes y su materialidad, generan la base del modelo BIM futuro.

Entrando en lo que es la fase de modelado del modelo BIM, se realiza la coordinación del trabajo, el nivel de detalle o definición y los estándares metodológicos a utilizar. Además de los datos provenientes de las mediciones anteriores, se suma información de catastro, elementos identificativos existentes y se crea la clasificación de bienes a levantar digitalmente. También se ajusta la clasificación de niveles LOD al objeto de estudio para una mejor interoperabilidad y definición. Y se clasifica:

- LOD100 Diseño de concepto, análisis y estudios previos;
- LOD200 Diseño esquemático para anteproyectos;
- LOD300 Diseño detallado para proyecto básico;
- LOD350 Documentación para proyecto de ejecución;
- LOD400 Fabricación y montaje para planos de obra;
- LOD500 As-Built.

También se establecen clasificaciones para los proyectos urbanos, clasificados ayudándose de la clasificación cityGML:

- LOD0 región geográfica prácticamente 2D en el que se representa el terreno con mallas o masa;
- LOD1 Ciudad. Bloques simplicados geométricamente, volúmenes representativos para entender el entorno;
- LOD2 zona urbana, se le aplican algunos materiales y se diferencian elementos constructivos generales;
- LOD3 modelos arquitectónicos exteriores, detallando elementos de huecos;
- LOD4 modelos arquitectónicos interiores configurando elementos interiores a fachada.

Y en base a estas clasificaciones se definen los LOD de URBIM, para esta y futuras ciudades objeto de estudio, estos LOD son:

- LOD 100 Bloques y masas carentes de ninguna definición que simplemente contienen información urbana general.
- LOD 200 modelado de elementos puramente arquitectónicos con definición de huecos reales sin nivel de detalle, materialidad catalogada y ya se aprecia volúmenes, calles, parcelas, numeraciones y volúmenes de áreas.
- LOD 300 Detalles y huecos definidos para carpinterías, cornisas, pórticos y otros elementos secundarios. Mobiliario urbano con definiciones básicas y detalles simples, el modelo ya contiene información catalogada referente a fachadas, materialidad, protección y vínculos.
- LOD 400 Se añade definición a todos los elementos anteriores, dando visibilidad a todos los elementos de relieve. Se parametrizan datos referentes a historia, administración y otras aplicaciones de interés.
- LOD 500 modelo AS BUILT, se sincroniza toda la información normativa y de catastro, se estudia todos los elementos en detalle, las patologías, etc. y se sincroniza con aplicaciones big data.



FIGURA 45. Niveles LOD de URBIM para la ciudad de Ayacucho, Perú.

En la imagen anterior se observa las definiciones aplicadas al caso de estudio, en donde prácticamente la totalidad del casco histórico se completó con LOD 300, elevando a LOD 400 para elementos representativos de la ciudad. En las zonas carentes de interés, en las que solo

existe el uso privado se decidió mantener el nivel LOD 100, ²puesto que no tenían valor para el objeto de estudio y estos datos eran fácilmente recopilables solo con el dron.

Además de la definición de los LOD para el proyecto, se cruzaron datos con el catastro para la obtención de datos de referencia para calles, números, etc. También se utilizó esta fuente para la obtención de los usos, materialidad, singularidades, características, etc. de los edificios. Creando así un modelo combinado con parámetros conjuntos y definiciones para su futura utilización. Este paso supone la creación del catálogo digital de la ciudad de Ayacucho y todos los elementos que la conforman, siendo este el paso previo al modelado definitivo de la ciudad.

| Sctr | Mnz | Prc | Tipo | Ventana PB | Ventana PP | Elemento en ventana | Balcon | Puerta | Elem puerta | Material zocalo | Material PB | Material PP | Elementos singulares | Imagen |
|------|-----|-----|---------------|------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--|--------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---|----------|
| 4 | 38 | 10 | Viv | Rectangular | Rectangular | PB:Contrav+Reja PP:Contrav | No | 2Hojas mader arco | No | Mortero+ Pintura roja | Mortero+ Pintura blanca | Mortero+ Pintura blanca | Contraventanas | Server4s |
| 4 | 38 | 17 | Viv+Com en PB | No | Rectangular | Celosías | Sí | 2Hojas madera | Dintel rejas | Piedra | Mortero+ Pintura blanca | Mortero+ Pintura blanca | Balcones, dintel | Server4s |
| 4 | 38 | 22 | Hotel | Rectangular | Rectangular | PB:Celosiá | Sí:Lamas | 2Hojas cristal 2Hojas madera/ 4Hojas madera | Dintel | Piedra | Piedra | Mortero+ Pintura blanca | Basamento y lamas | Server4s |
| 4 | 38 | 25 | Viv+Com en PB | Rectangular | Rectangular | Celosías | No | 2Hojas madera | No | Mortero+ Pintura naranja | Mortero+ Pintura amarilla | Mortero+ Pintura amarilla | Carpinterías y celosías Detalles en blanco | Server4s |
| 8 | 72 | 12 | Viv+Com en PB | - | Abatible 2Hojas | Contraventanas | Blaustre madera | Abatible 2 Hojas | Rejas | Enfoscado Marron | Pintura Marron | Pintura Marron | Portico piedra | Server4s |
| 8 | 72 | 13 | Viv+Com en PB | - | Abatible 2Hojas | - | - | Abatible 2 Hojas | Rejas | Revest verde | Pintura Amarillo | Pintura Rosa | - | Server4s |
| 8 | 72 | 14 | Viv+Com en PB | - | Abatible 2Hojas | Contraventanas | Blaustre madera | Abatible 2 Hojas | Rejas | Enfoscado Verde | Pintura Rosa | Pintura Rosa | - | Server4s |
| 8 | 72 | 15 | Viv+Com en PB | - | Abatible 2Hojas | Contraventanas | Hormigon | Abatible 2 Hojas | Rejas | Piedra | Pintura Blanca | Pintura Blanca | Portico Ladrillo | Server4s |
| 8 | 72 | 20 | Comercio | - | Abatible 2Hojas | - | - | Persiana | - | - | Piedra | Pintura Amarilla | Portico piedra | Server4s |
| 8 | 73 | 1 | Viv+Com en PB | Abatible 2Hojas | Abatible 2Hojas | Contrav y rejas | Blaustre madera celosia madera | Abatible 2 Hojas | Rejas | Pintura Roja | Pintura Amarilla | Pintura Amarilla | Cornisas blancas esquina madera Cornisas blancas carpinterías rojas | Server4s |
| 8 | 73 | 2 | Viv+Com en PB | Abatible 2Hojas | Abatible 2Hojas y cuartelones | Rejas | Blaustre metalico | Abatible 2 Hojas | - | Pintura Roja | Pintura Amarilla | Pintura Amarilla | Porton principal embocaduras amarillas | Server4s |
| 8 | 73 | 3 | Camara com | - | Abatible 2Hojas | Rejas | Blaustre madera | Abatible 2 Hojas | Rejas | Pintura Roja | Pintura Rosa | Pintura Rosa | - | Server4s |
| 8 | 73 | 4 | Viv+Com en PB | - | Abatible 2Hojas | - | Metalico | Abatible 2 Hojas | Rejas | Pintura Marron | Pintura Amarilla | Pintura Amarilla | - | Server4s |
| 8 | 73 | 5 | Viv+Com en PB | Corredera 2Hojas | 3Hojas | Rejas | Blaustre madera | Persiana Corredera | - | Pintura Gris | Pintura Roja | Pintura Roja | Cornisas blancas | Server4s |

FIGURA 46. Tabla de clasificación de singularidades del catálogo urbano.

El modelado general se realiza inicialmente con LOD 200 para las fachadas que fueron previamente capturadas con MM, para la obtención de dimensionamientos y áreas más precisos, a nivel urbano se comienza el levantamiento por zonas de máximo interés y se establece una metodología de división mediante anillos, que simplifica el trabajo y ayuda a la correcta definición de esta primera fase del levantamiento.

Una vez se finaliza el primer anillo, se dividen las tareas, y un equipo realiza el resto del ámbito de estudio y el otro empieza una nueva definición de estos anillos, pero con LOD 300 y elevándolo a LOD 400 para detalles de esculturas, campanarios, fachadas, etc. definiendo los

² No se hace alusión al bien patrimonial, sino a los parámetros del proyecto.

detalles necesarios por su singularidad. En algunos casos fue necesario la utilización de 3DReshaper para la generación de objetos digitales a través de mallas de nubes de puntos.

En todos los casos, todos los elementos contienen, independientemente de su LOD, información referente a su geometría y características, haciendo que todos los bienes sean contables. Así mismo, también se añaden materialidad y colores a los parámetros para aplicaciones futuras de intervención, catálogo normativo o aplicaciones de realidad virtual. También se han añadido parámetros de información en términos de registro, catastro y normativa, con el fin de la ampliación del modelo en base a diferentes usos futuros.

La unión de estas bases de datos, enlaces externos y otros softwares a esta información a través de Dynamo (herramienta de Revit, Software BIM) genera vínculos que retroalimentan el modelo digital y lo enriquecen. Esto facilita la gestión del modelo para bases de datos catastrales, intervenciones futuras y gestión de la información, creando una herramienta mucho más sencilla, visual y eficaz.

En el caso de estudio, se trató de una ciudad meramente monumental, por lo que se dio protagonismo a este patrimonio arquitectónico, generando especificaciones propias para un estudio más profundo y detallado y que a su vez fuese impulsor de las acciones futuras que se realizasen en el lugar. Para ello se utilizó la herramienta PetroBIM; basada en HBIM, que se definirá en el punto siguiente.

Mediante la base de datos creada y las acciones llevadas a cabo, será muy fácil en el futuro implementar parámetros u objetos futuros, tanto para su construcción como para su análisis y estudio. Así mismo, estos estudios se podrán realizar con herramientas, especializadas como PetroBIM u otras herramientas de uso técnico o administrativo, u otras aplicaciones de RV (realidad Virtual) para su uso por medio de ciudadanos o turistas.



FIGURA 47. Modelo + nube de puntos + información (Naviswork), Ayacucho.

Este archivo de Navisworks (aplicación BIM), que incluye, datos de nubes de puntos, información y modelo, es el ejemplo de una plataforma ágil y sencilla para la consulta del bien sin necesidad de medios especializados, siendo esta totalmente interoperable y combinable en distintos formatos, así como su sincronización para futuras actualizaciones, indistintamente del campo que provengan.

En el caso de Ayacucho, las aplicaciones actuales del modelo digital son muchísimas y sigue su actualización constante a través de un equipo de técnicos locales, que se rigen por un protocolo de actuación estandarizado, de tal modo que cualquier nuevo modelo con formato base BIM pueda seguir actualizándolo, cambiando así la documentación existente en dos dimensiones por el modelo totalmente digital. De ahí la creación del catastro digital, protocolos y normativas de reciente creación.

A nivel patrimonial, la creación del catálogo de toda la malla urbana y sus elementos, ha tenido una repercusión enorme, y se ha creado una base de datos inimaginable con todos los datos actuales del casco histórico, estandarizando futuras actuaciones, además, de su uso para catalogación, protección y mantenimiento por parte del departamento patrimonio y cultura. No dejando atrás, la calidad fidedigna de la información digital, en caso de reconstrucciones o destrucciones futuras. Gracias al escaneado exterior de las iglesias y otros bienes de interés, se están llevando a cabo levantamientos idénticos de los interiores de estas para añadirlos al catálogo. Este valor añadido supone un elemento diferencial, a la hora de tratar patologías e intervenciones, de hecho, ya se utiliza para una intervención en las Arquerías Sur de la Alameda Valdelirios, incluida en el ámbito de estudio inicial.

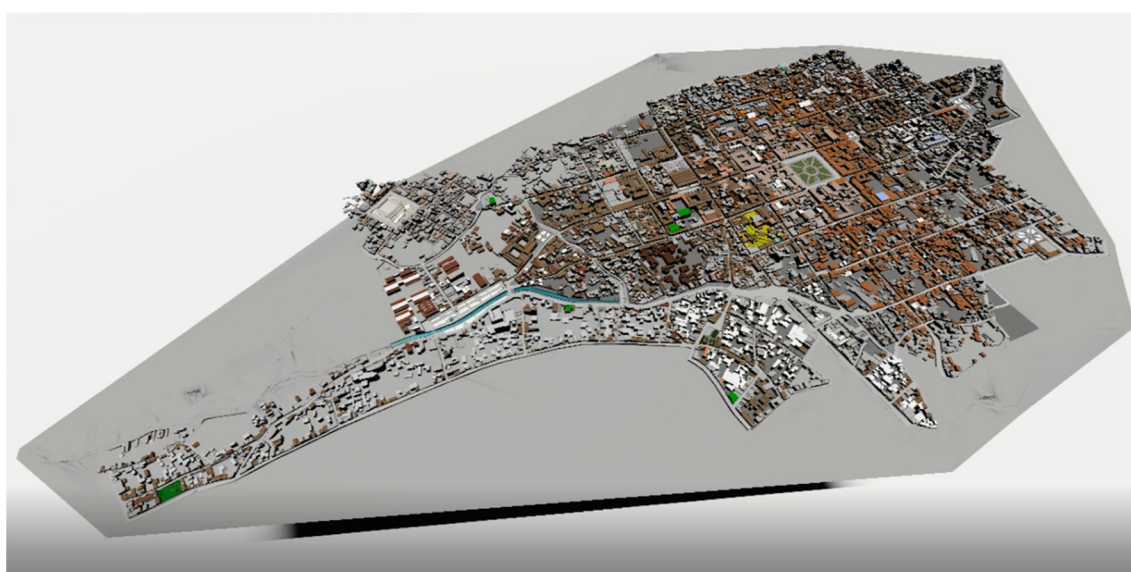


FIGURA 48. Modelo BIM completo de la ciudad de Ayacucho.

Todas las intervenciones que se están realizando en el casco urbano, están siendo apoyadas por el modelo BIM, para la correcta intervención tanto en remodelaciones como en renovaciones del casco histórico. Se realizan mediciones, estimaciones presupuestarias y análisis geográficos, mucho más detallados y exactos. También se han acelerado, de forma drástica, los trámites administrativos y se han reducido los errores en obra, los viajes a ellas, los replanteos y en general, los plazos de ejecución de los proyectos de rehabilitación en el ámbito de actuación. También se ha adoptado la metodología BIM, como normativa, para la presentación de nuevos proyectos a desarrollar, para la certificación de que estos no destruyen ni alteran el patrimonio existente.

Se están generando actuaciones de Facility Management o gestión de recursos futuras a través del modelo digital, tales como el soterramiento futuro de la red eléctrica, para la eliminación del cableado en las fachadas del casco histórico o la renovación del sistema de saneamiento de la ciudad.



FIGURA 49. Levantamiento de una iglesia para la creación del catálogo urbano.

Se están generando maquetas impresas tridimensionales de partes de la ciudad para su recreación en chocolate, que es un producto local representativo de la ciudad, y así, dar valor a este. También se están desarrollando plataformas de realidad virtual y realidad aumentada, a través del modelo virtual. En estas aplicaciones se están implementado recorridos por los diferentes puntos de interés, para realizar visitas, tanto físicas como virtuales al patrimonio de la ciudad.

En relación a este tipo de proyectos, también se está llevando a cabo la reconstrucción virtual de edificios ya desaparecidos, para su implementación a modelos de realidad aumentada.

A su vez estas aplicaciones están conectadas con los usuarios, tanto turistas como ciudadanos para que estos realicen aportes que puedan implementarse en el futuro.

Por último y como conclusión a este punto y a las aplicaciones que se están desarrollando gracias a este proyecto, decir, que se está llevando a cabo todo tipo de simulaciones futuras, como crecimiento y expansión, gestión del tráfico, análisis de inundaciones o simulaciones energéticas para futuras obras.

3.2.1 HBIM Y SUS APLICACIONES

Como hemos visto en el punto anterior, la conservación y transmisión a las generaciones futuras del patrimonio arquitectónico, es única y exclusivamente, responsabilidad de la sociedad que lo disfruta en la actualidad. El uso de este, como hemos visto, promueve actuaciones como su conservación, su restauración y su uso, poniendo, más si cabe, en valor tanto al patrimonio como a su entorno.

Hemos visto el caso del URBIM, un modelo de gestión patrimonial a través de un modelo BIM aplicado al urbanismo de una ciudad, en donde se buscaba establecer relaciones de los habitantes de la ciudad con sus bienes patrimoniales y establecer un marco de actuaciones futuras y presentes para su conservación, gestión y transmisión, entre otras actuaciones.

En este punto se muestra la aplicación de otra herramienta BIM al patrimonio, el HBIM (Heritage o Historic Building Information Modeling), que al igual que URBIM pretende ser una herramienta para gestionar el patrimonio de forma eficaz para su conservación y mantenimiento, además de conseguir establecer relaciones entre visitantes y patrimonio.

A continuación, se describe el uso de esta herramienta y su aplicación a diferentes casos de estudio, demostrando ser una herramienta potentísima para facilitar la gestión del patrimonio, optimizando el proceso de planificación y definición de estrategias para la interacción entre usuarios y patrimonio.

Tal y como indica la Carta Internacional de Turismo Cultural (ICOMOS, 1999b), el uso público del patrimonio contribuye a revitalizarlo, a la vez que promueve el interés por conservarlo y conservar así su memoria. En los últimos años ha habido un aumento significativo del turismo cultural, lo que ha derivado en la necesidad de la gestión del patrimonio a través de nuevas técnicas que hagan más sostenible y responsable esta relación entre patrimonio y turismo (Viñals et al., 2014).

En puntos anteriores se ha descrito el motivo por el cual las técnicas de conservación existentes no funcionan, en gran parte por la desconexión de los diferentes campos de actuación sobre el patrimonio (Fornos, 2012). La implementación de HBIM, tal y como destacan algunos autores (Dore & Murphy, 2012), es el elemento integrador de estas disciplinas desconectadas, para mejorar la eficiencia de la gestión del Patrimonio arquitectónico.

El HBIM se basa en el modelo Design Science Research (DSR) (Cataldo, 2015) que es una metodología que pretende desarrollar HBIM como herramienta para el desarrollo de protocolos o guías normativas para la gestión de las visitas públicas al patrimonio.

El HBIM no se basa en un criterio único y al igual que otras metodologías BIM es una herramienta multidisciplinar, en la que es necesario saber de ante mano, que es y que no es, parte del modelo. Determinando aspectos como, la carga recreativa del bien de estudio, la identificación de hitos con valor patrimonial, definición de usos, etc.

A continuación, se muestra un estudio de caso, en el que se muestran las actuaciones llevadas a cabo en el conjunto de San Juan del hospital de Valencia. Los objetivos de este proyecto eran principalmente la mejora en la eficacia de la gestión de las vistas al edificio, a través, de la creación de un registro que permitiese la absorción de la información de todos los participantes en el proyecto. Este objetivo se dividiría en tres objetivos secundarios, que serían, el levantamiento 3D, el modelado BIM del modelo y su información y por último, la gestión de esta información.

En un primer paso se generó el modelo HBIM, a través de la combinación de diferentes archivos creados por diferentes autores, estableciendo un modelo como principal y los otros como fuentes externas de uso. Se eliminaron las zonas solapadas o repetidas entre modelos y se modelaron las zonas que todavía no lo estaban, añadiendo categoría única a todos los elementos contenidos en el modelo.

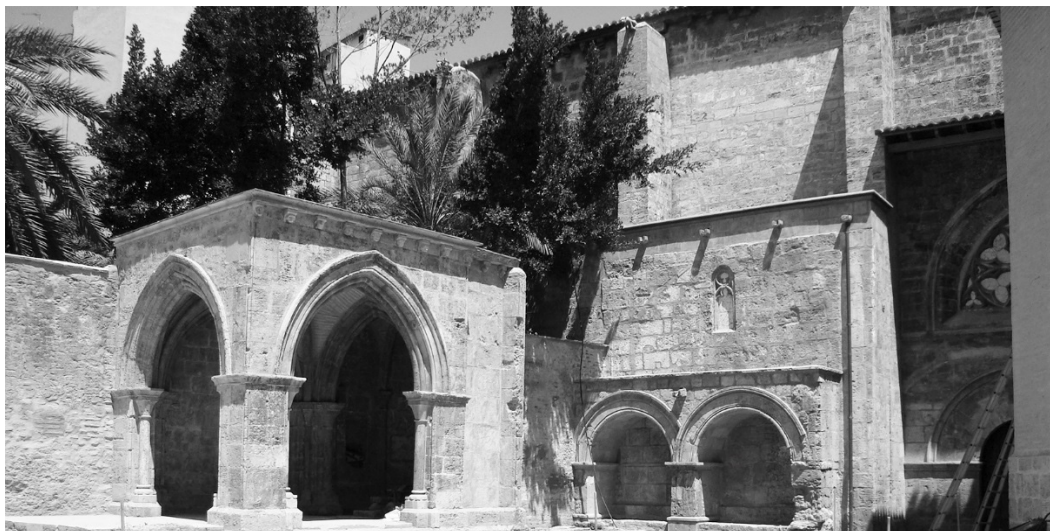


FIGURA 50. Vista del Patio Sur de San Juan del Hospital de Valencia

Una vez clasificada y ordenada toda la información en el modelo HBIM se definen las necesidades del proyecto a través del modelo. En este caso se llevan a cabo dos premisas fundamentales que son, la gestión de las visitas al edificio y la gestión de la información. Se identifican todos los hitos con valor patrimonial, tanto turístico como específico, se diseña y se gestiona el itinerario turístico y por último se determinan los usos de las zonas y las áreas de recreo (SUR), definiendo finalmente la capacidad de carga recreativa del edificio.

Para la identificación de los hitos turísticos se utilizó el software Revit, en el modelo generado se realizaron asociaciones de localización y observación a cada hito a través de la categorización de estos, asignándole parámetros de accesibilidad y flujo de visitas. Estos parámetros se seleccionaron basándose en referencia a los escritos para la planificación de la carga turística del patrimonio construido (Alonso-Monasterio et al., 2017). Para los valores específicos, se define un código de colores para destacar los mejor valorados. Esto se realizó a través de un parámetro en base a la necesidad de determinar que hitos eran visitables y que carga de visitas podían soportar.

Se determina la capacidad de carga recreativa determinando los usos de las zonas y las áreas de recreo (SUR) y las áreas no útiles para el recreo (SNUR). Estos parámetros fueron combinados en Revit, a través de su herramienta Dynamo para extraer la SUR de cada unidad espacial, generándose un archivo en formato Excel con la capacidad de carga recreativa de cada unidad espacial. A estos resultados se le aplican las normativas existentes referentes a proxemia y confort físico y psicológico.



FIGURA 51. Hitos turísticos destacados con mayor valor de atracción en el ámbito de actuación.

La identificación de los hitos a través de la parametrización de la información, permite la correcta catalogación de estos en base a su importancia, y clasificarlos en base a si son o no visitables. También se genera el itinerario ideal de visita y el de evacuaciones en caso de incendios. Tal y como se muestra en la imagen siguiente.

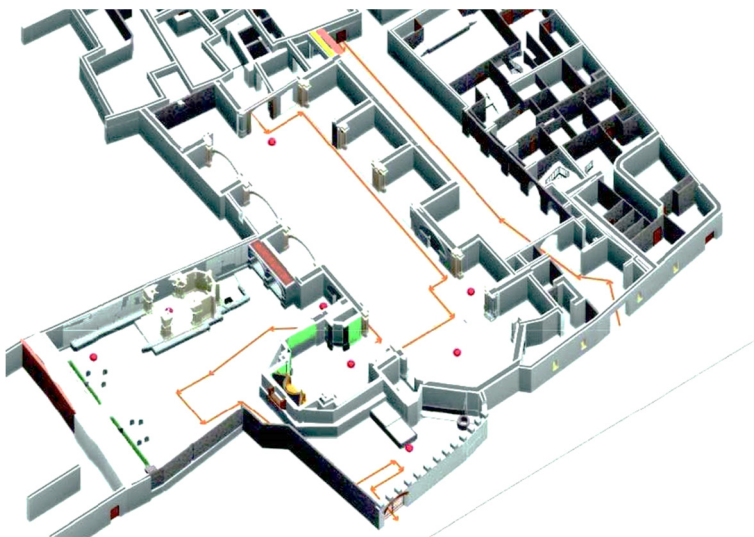


FIGURA 52. Itinerario ideal de vista con los puntos de mayor interés.

Para la determinación de la carga recreativa se realiza el plano de colores, para dotarlo de mayor calidad visual y facilidad comprensiva. Toda la información contenida en el modelo HBIM genera que se divida el conjunto en, zonas de tránsito, patio Norte y Sur, Sala museo e iglesia. Referenciadas con códigos de color y superficies útiles.



FIGURA 53. Plano de unidades espaciales del ámbito de actuación.

La configuración de las zonas SNUR, se realizaron acotaciones en diferentes áreas del ámbito de actuación, con la intención clara de controlar el flujo de visitas y poder así, mantener en un mejor estado de conservación dichas áreas. También se realizaron acotaciones por motivos de seguridad y otros por incompatibilidad con el tránsito de personas.

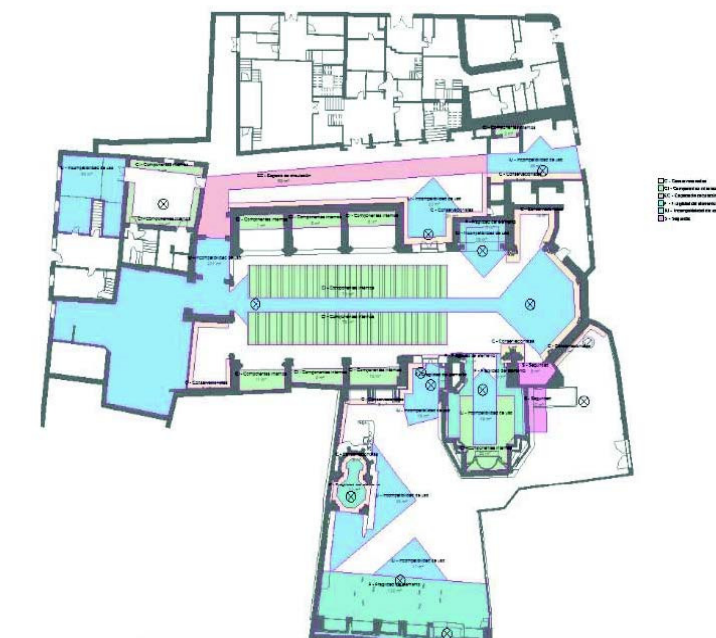


FIGURA 54. Plano de superficies de zonas SNUR.

Las zonas recreadas, tanto las SNUR como las SUR, son actualizables en tiempo real, pues su definición con la herramienta Dynamo, permite la parametrización de ambos componentes. Esta parametrización también permite la extracción de datos a hojas Excel para el cálculo de la

capacidad de carga recreativa. También se establecieron limitaciones, en términos de cantidad de personas que podrían realizar la visita simultáneamente. Este número quedó determinado en 12 personas, y con este dato se calcularon otras cargas como, simultaneidad de grupos de visita, número máximo de visitas diarias, duración de las visitas, etc. es decir, se parametrizó todo de tal modo que se obtuvo el número de visitantes diarios recomendados para el edificio. Siendo este de 144 visitantes/día.

Este estudio fue y es una demostración de la interoperabilidad y multifuncionalidad de BIM, en este caso a través de HBIM, definiendo BIM como una herramienta capaz en el ámbito del análisis, planificación y desarrollo de iniciativas por parte de los agentes involucrados en la gestión del patrimonio. En este caso la utilidad principal fue el control de la carga recreativa al edificio y la catalogación y control de los hitos contenidos en el mismo. En este trabajo también se combinaron softwares externos como Massmotion, para la simulación de la movilidad de los peatones y mejorar los flujos de visitantes en el edificio.

Existen otro tipo de aplicaciones a proyectos de patrimonio, como petroBIM, con diferentes aplicaciones dentro del patrimonio construido, pero que aúna las mismas características que estas dos metodologías mostradas. En definitiva, la capacidad de ser multidisciplinar y la de involucrar a diferentes agentes en diferentes niveles y etapas del proyecto por medio de un modelo BIM.

4. CONCLUSIONES DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 CONCLUSIONES GENERALES

Finalmente, como última fase de este estudio, añadir que la realización del mismo ha satisfecho todas y cada una de las inquietudes que me llevaron a su realización. Además, me ha resultado de gran utilidad para conocer e indagar profundamente, no solo en cómo se aplican las metodologías BIM, sino como estructuras laborales diferentes obtienen resultados sorprendentemente eficientes.

La inclusión de la metodología BIM, o cualquier otra con carácter colaborativo dentro de cualquier campo de la arquitectura, la ingeniería o la construcción, es un paso hacia adelante para la consecución de proyectos más completos, de mejor calidad y menos expuestos al error humano. En el caso de los proyectos sobre el patrimonio, la ausencia de errores y la colaboración de diferentes profesionales, se antoja, si cabe, más necesaria, debido al especial cuidado que estos proyectos requieren, bien sean proyectos de conservación, restauración u otras tipologías relacionadas.

La situación actual del patrimonio, y en particular del patrimonio edificado, mostrada en los primeros puntos del marco teórico de la investigación, pretende revelar la fragilidad a la que este está expuesto, y cómo la desaparición de él es nuestra propia desaparición como sociedad, puesto que el patrimonio es el vehículo de nuestra cultura e identidad, la de nuestros antepasados y la de nuestras generaciones venideras.

Los tratados, cartas y convenciones de la UNESCO, el ICOMOS y otros, expuestos en el estudio, sirven para refrendar la necesidad de cambiar la concepción que tenemos del patrimonio como sociedad, lo que significa en términos de cultura e identidad y como debemos cambiar o evolucionar nuestra forma de aproximarnos a él, desde el punto de vista de la realización de proyectos. Como la renovación, el cuidado y la protección de este ante los problemas presentes, como el turismo y su crecimiento desmedido en determinadas zonas del planeta, ha de llevarse a cabo con extremo cuidado, pues los problemas del presente pueden serlo del futuro si no se llevan a cabo las actuaciones necesarias y adecuadas.

Seguir las medidas propuestas por los organismos arriba citados, la protección, la salvaguardia y la gestión del patrimonio ha de ser cosa de todos, entes políticos, sociedades, profesionales de la industria AEC, etc. Ser conscientes de que los indicadores establecidos por la UNESCO, son indispensables para la conservación del patrimonio y para la transmisión de este a las generaciones futuras, en las más óptimas condiciones.

Las metodologías, procesos y gestiones sobre el patrimonio edificado deberán tener la capacidad de identificar los valores de este, y basarse en principios que ayuden a su difusión de un modo objetivo, transparente y sin alteraciones que destruyan su identidad. En el estudio se muestran algunas metodologías como la Arqueología del paisaje de Criado (1996) o la propuesta por la IAPH (2004), que son buenos ejemplos de cómo desde aproximaciones diferentes se trata de llegar a objetivos similares para la conservación y la difusión patrimonial. Ambas ponen en valor los puntos realmente importantes en las actuaciones sobre el patrimonio.

Estos puntos son, el tratamiento de la información derivado de las investigaciones que se lleven a cabo para la intervención y la transferencia de los resultados derivados de estas investigaciones. Cualquier metodología o proceso, deberá entender que el patrimonio y las acciones sobre él tienen carácter cíclico y que cualquier alteración en el supondrá una pérdida irreparable para las sociedades futuras.

La correcta definición de BIM como metodología colaborativa e integradora, la diferenciación entre esta y software BIM, es el otro eje del estudio mostrado. La confusión existente en la industria AEC debe terminar. Han de clarificarse las posiciones de los profesionales, las instituciones y la tecnología, y como estos han de interactuar entre sí para el correcto desarrollo de proyectos de arquitectura. Así mismo, también se establece un nuevo marco para el desarrollo de proyectos, en donde las etapas y los ciclos de vida de los proyectos han de adaptarse a nuevos conceptos en los campos de diseño, construcción y operaciones llevadas a cabo en estos. La inclusión de nuevas dimensiones dentro de los proyectos o del desarrollo de estos, supone sin duda, un cambio disruptivo con las metodologías y hábitos existentes, lo cual conlleva de por sí, la aparición de la problemática de ¿qué es mejor?, si lo existente o lo nuevo.

La inclusión de la metodología BIM en la industria AEC, es sin duda, uno de los mayores cambios dentro de esta industria, que se había mostrado estancada durante años y con un nivel de evolución en sus métodos casi nula. La irrupción de metodologías procesos y estándares BIM ha creado y pretende crear todavía más, un nuevo marco, no solo de actuación, sino normativo en cuanto a cómo deberán afrontarse, desarrollarse y entregarse los proyectos en el futuro. La aparición de normativas como la PAS 1192-2 y otras de similar naturaleza, hacen que se desarrollen nuevos términos dentro del diccionario de la industria AEC, como por ejemplo los LOD, que definen un nuevo uso dentro de la definición y desarrollo de proyectos, o nuevas definiciones para la forma en cómo se comparte la información y los datos desprendidos de los proyectos.

De la inclusión del BIM en la industria AEC, se desprende directamente la comparativa entre BIM y CAD, de donde se deduce que más que una comparativa pura y dura de ¿cuál es mejor y cual es peor?, se establecen otras relaciones diferentes entre ellas, dando respuesta a que la naturaleza de ambas es completamente diferente y que una, es apenas una parte dentro de la

otra, de lo que se concluye que más que una comparativa o un cambio, lo que se está produciendo en la industria AEC, es simplemente una evolución hacia métodos de trabajo más complejos, completos y evolucionados, basados en principios totalmente diferentes a los ya existentes.

Por otra parte, se muestra la necesidad de que la industria evolucione hacia estas metodologías y como este proceso se está viendo frenado, no solo desde el escepticismo a lo nuevo de parte de la industria AEC, y entendible desde la naturaleza humana, sino que en este freno, están implicadas otras partes como las autoridades de diferentes países y organismos, conscientes de que la implantación de esta metodología supondrá la desaparición de comportamientos y métodos inadecuados, muy comunes y frecuentes en el desarrollo de proyectos hoy en día.

Desde el punto de vista de cómo deben interactuar estas metodologías y el patrimonio, se hace especial hincapié en como la correcta documentación de proyectos y la creación de una guía o protocolos de actuación sobre proyectos de patrimonio edificado, es sin duda uno de los mayores retos a los que se expone esta o cualquier otra metodología que se pretenda aplicar al patrimonio, puesto que ha de ser extremadamente fiable y responsable para la correcta representación y transmisión de los valores de autenticidad, legitimidad y veracidad del patrimonio edificado y sus expresiones culturales para la sociedad. Además, intentara mantener y respetar el equilibrio que ha de existir entre lo preexistente y lo contemporáneo.

Se intenta dar respuestas a las problemáticas existentes para la conservación del patrimonio edificado a través de la utilización de la metodología BIM, que tiene como base, un modelo o modo transversal para la gestión de la información entre los diferentes participantes en esta tipología de proyectos. La posibilidad de crear un modelo que englobe las diferentes etapas espacio-temporales de estos edificios y sus transformaciones históricas, es sin duda, un paso importante para la conservación del patrimonio, desde una visión más correcta y alejada del error humano. La implementación de estos protocolos a proyectos sobre el patrimonio edificado supondrá un cambio radical en la operatividad sobre estos edificios en términos de proyectos para su conservación.

La implementación de esta metodología llevará ligada la aparición de medidas para la conservación del patrimonio edificado a través del BIM, en donde todos los proyectos se verán sometidos a la aparición de nuevas estrategias que ayuden a incrementar el valor del patrimonio. Esta metodología tendrá como referencia y punto de mejora la documentación, análisis de riesgos, el diseño y desarrollo de protocolos y procedimientos, y la verificación de datos. Estos puntos serán el eje vertebrador de cualquier proyecto basado en BIM aplicado al patrimonio edificado para su conservación preventiva o cualquier otro tipo de actuación.

4.2 CONCLUSIONES PARTICULARES

Cabe destacar que la finalidad general de este estudio era la de servir como documento divulgativo del valor de las metodologías BIM en el Patrimonio Edificado. De igual manera, se ha pretendido mostrar cómo agentes ajenos al campo del diseño y la arquitectura, están al mismo nivel que estos dentro de los proyectos relacionados con el patrimonio edificado, y cómo estos proyectos pueden y deben ayudar a mejorar la vida de la gente, la forma de interactuar de estos con su patrimonio y ayudar a transmitir los valores de este en términos identitarios para las sociedades.

Se ha procurado transmitir, que el BIM no es una metodología excluyente para aquellos profesionales que no pertenecen al ámbito de la industria AEC y que cualquiera puede entender y adaptarse a ella y su uso.

En cuanto a los objetivos principales de la investigación:

1. Identificar las metodologías BIM y sus diferentes aplicaciones en proyectos arquitectónicos sobre el Patrimonio Edificado.

Para dar respuesta a este objetivo se han mostrado diferentes casos de estudio e intervenciones como el de la ciudad de Ayacucho o el del hospital Valencia. En ellos se mostraba la aplicación de diferentes usos y metodologías BIM, como lo son, el URBIM y HBIM. Además, a lo largo del estudio se han citado otras, de forma breve, como PetroBIM. Con ellas se ha intentado poner en valor como la aplicación de estas metodologías puede dar respuesta a diferentes tipos de problemáticas derivadas de los proyectos sobre el patrimonio edificado.

En el caso de Ayacucho se han expuesto infinidad de aplicaciones relacionadas con las metodologías BIM aplicadas al Patrimonio, como, aplicaciones móviles, realidad virtual, impresiones 3D, realidad aumentada, simulaciones para prevención y dimensionamiento, gestión urbanística, digitalización urbana y sus aplicaciones, en definitiva, un catálogo de actuaciones que se complementan entre sí para dar valor, preservar, proteger y difundir el Patrimonio Edificado como objetivo principal. En este caso el de la ciudad de Ayacucho.

A través de la caracterización y desarrollo de proyectos basados en URBIM y HBIM, sus intervinientes, sus procesos y sus aplicaciones, tanto a nivel teórico como práctico, mostrando diferentes aplicaciones de estas en diferentes niveles y entornos de trabajo, se ha tratado de identificar y comprender el uso de estas metodologías de modo progresivo y evolutivo, procurando explicar de forma clara y concisa cómo se resuelven los proyectos de arquitectura en el Patrimonio Edificado por medio de las metodologías BIM.

Se presenta el caso de Ayacucho, proyecto en el que se parte de un nivel de detalle muy bajo y un entorno de trabajo amplio, en donde se mezclan disciplinas, especialidades y particularidades dentro de un mismo proyecto. Se identifican las metodologías y sus usos en diferentes niveles, desde el urbanismo hasta las edificaciones y sus características, tanto generales como particulares. Además, se muestra cómo influye positivamente la aplicación de estas metodologías en el ámbito de actuación y su evolución en tiempo. El valor de sus aplicaciones presentes y futuras, y cómo estas pueden ayudar a la conservación, preservación y difusión del patrimonio.

En lo relativo al hospital de Valencia (HBIM), el otro estudio de caso, se explica la implementación del BIM mediante HBIM, sus aplicaciones para la gestión de edificaciones patrimoniales en diferentes niveles, y como mostrando desde la toma de datos del edificio con la fotogrametría, hasta la generación de un modelo virtual del edificio, lo que deriva en un mayor conocimiento de este debido a este proceso de estudio, se establecen mejores conclusiones para la conservación, preservación y uso de este edificio.

Se demuestra que el BIM, en ambas formas, URBIM y HBIM, reducen drásticamente los errores del proceso de creación y desarrollo de proyectos de arquitectura sobre el patrimonio edificado. Fundamentalmente gracias a la actualización de sus modelos en tiempo real, la gestión inmediata y transversal de la información entre los diferentes profesionales implicados en los proyectos y la sincronización de toda la información, derivada de estos profesionales, lo que aumenta el nivel de comprobación y reduce la posibilidad de errores.

En ambos casos de estudio se crea una estandarización y geometrización del patrimonio, siendo esto muy útil, tanto desde el punto de vista de creación de una biblioteca virtual que aloje todos los modelos y sistemas constructivos, como para la definición de las etapas de la vida útil de los bienes patrimoniales.

Estas definiciones, sus características y sus metodologías, ayudan a dar una respuesta clara de cómo el BIM se puede aplicar en proyectos sobre el patrimonio edificado, obteniendo respuestas y soluciones fiables en diferentes ámbitos de actuación, con diferentes usos y temporalmente validas tanto en el corto como en el largo plazo, algo que se antoja importantísimo en esta tipología de proyectos.

2. Generar especificaciones documentales para la elaboración de proyectos arquitectónicos sobre el patrimonio edificado.

Se ha intentado dar respuesta a este objetivo de modo directo y específico, presentando los casos de estudio Ayacucho y Valencia, y cómo en estos se generaba la documentación, se partía

desde diferentes puntos de inicio y aplicaciones, pero que, en ambos casos, se combinaban entre sí en un ambiente de trabajo colaborativo y transversal.

En el caso de Ayacucho y URBIM, se muestra como estas especificaciones documentales pueden ayudar a la catalogación del patrimonio o la aplicación de estas especificaciones para la creación de modelos digitales o de realidad virtual para su uso recreativo, turístico, y de transmisión de valores a las generaciones futuras, a través de su uso en estas reconstrucciones virtuales. Además, se muestra como la aplicación de esta metodología tiene y tendrá impacto directo en la definición de la malla urbana, su catastro y sus futuras actuaciones, pudiendo crear modelos de simulación real, que devuelvan datos de todo tipo para conocer si es o no conveniente la realización de dichas propuestas.

Ocorre lo mismo en el caso de Valencia y HBIM, en donde se generan estas especificaciones documentales para su uso en la regulación de la carga de turistas y visitas que puede y debe soportar el edificio, así como qué zonas puede y no pueden ser visitadas y cuál es su estado general de conservación. Este uso está directamente con la problemática que se muestra en el marco teórico del estudio, en donde se habla de los problemas presentes y futuros que soporta el patrimonio, y en donde se cita la carga turística como una amenaza para la conservación del patrimonio edificado.

En ambos casos se detalla con rigor, los pasos seguidos para la realización de estos proyectos y como la aplicación de estas metodologías BIM, resuelve de modo eficaz ambos casos, mostrándose como una herramienta fiable y competitiva para la creación de especificaciones documentales que tengan aplicación directa en el patrimonio edificado, tanto en el presente como en el futuro.

En conclusión, y como consideración final, se da respuesta con esta investigación a los dos objetivos planteados de modo claro, conciso y directo, haciendo que estos se vean claramente reflejados y sean comprensibles en ambos niveles, práctico y teórico.

Por otro lado, se evidencia que la implementación de las metodologías BIM en los proyectos sobre Patrimonio Edificado podrían ser de gran utilidad como herramienta de preservación del mismo, así como, su mejor explotación a todos los niveles, tanto turístico como conservativo, bien sea en proyectos de restauración, conservación o difusión.

En ningún caso, con este estudio, se ha pretendido detallar o describir ningún software, basado en ninguna metodología, sino que se ha intentado llevar el estudio a un nivel superior,

ayudando a entender como la combinación de las metodologías BIM y la problemática para la conservación del Patrimonio edificado, pueden tener una respuesta positiva, dada por el BIM y su carácter colaborativo. Es evidente que la suma de esfuerzos de diferentes profesionales, es siempre más productiva que la realización de sus trabajos de forma aislada, además, el mover el esfuerzo de los proyectos a fases más temprana ayudará a la desaparición de gran parte de los errores que se cometen en los proyectos y por ende una reducción de los costes de estos muy considerable. En definitiva, la aparición de una metodología que reduzca el error humano, el tiempo y el coste de los proyectos, además de potenciar sus virtudes y características particulares es, sin duda, un avance a tener muy en cuenta dentro del mundo de la arquitectura.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AIA. (2008). *Building information modeling protocol*. Recuperado de https://www.smacna.org/docs/default-source/building-information-modeling/aia-e202-building-information-modeling-protocol-exhibit-pdf?sfvrsn=333afea5_0
- Albarelo, L. (1997). *Práticas e Métodos de Investigação em Ciências Sociais*. Lisboa: Gradiva.
- Alonso, J. (2015). *Nivel de desarrollo LOD. Definiciones, innovaciones y adaptación a España*. (pp 40-56). *Madrid*.
- Alonso-Monasterio, P. y Morant, M. (2017): *Turismo sostenible y patrimonio. Herramientas para la puesta en valor y la planificación*. Valencia: Editorial Universitat Politècnica de València. ISBN 978-84-9048-618-4
- Bimetriclab, A. T. A. (2016a, febrero 12). Episodio 2: El foco en «Modeling». Recuperado 5 de junio de 2019, de Espacio LEAN BIM website: <http://www.espacioleanbim.com/episodio-2-el-foco-en-modeling/>
- Bimetriclab. (2016b, febrero 13). Episodio 5: Metodologías para compartir datos BIM. Recuperado 5 de junio de 2019, de Espacio LEAN BIM website: <http://www.espacioleanbim.com/episodio-5-metodologias-para-compartir-datos-bim/>
- Bimetriclab. (2016c, febrero 18). Episodio 8: Comprender las etapas BIM. Recuperado 5 de junio de 2019, de Espacio LEAN BIM website: <http://www.espacioleanbim.com/episodio-8-comprender-las-etapas-bim/>
- Bimetriclab. (2016d, abril 27). Episodio 10: Efecto del BIM en las fases del ciclo de vida de un proyecto. Recuperado 5 de junio de 2019, de Espacio LEAN BIM website: <http://www.espacioleanbim.com/episodio-10-efecto-del-bim-las-fases-del-ciclo-vida-proyecto/>
- Capone, M., & Lanzara, E. (2019). *Scan-To vs 3d Ideal Model Hbim: Parametric Tools to Study Domes Geometry. ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XLII-2/W9*, 219-226. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W9-219-2019>

Cataldo, A. (2015, octubre 15). *Design science research. Una breve introducción* (PhD).

Universidad de Talca. Chile

Cheng, H.-M., Yang, W.-B., & Yen, Y.-N. (2015). BIM applied in historical building documentation and refurbishing. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XL-5/W7, 85-90.

<https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-5-W7-85-2015>

Chiabrando, F., Sammartano, G., & Spanò, A. (2016). Historical Buildings Models and their handling via 3D survey: From points clouds to user-oriented HBIM. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLI-B5, 633-640. <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XLI-B5-633-2016>

Ciribini, A. L. C., Ventura, S. M., & Paneroni, M. (2015, septiembre 9). *BIM methodology as an integrated approach to heritage conservation management*. (pp. 265-276).

<https://doi.org/10.2495/BIM150231>

Criado, F. (1996). *La Arqueología del Paisaje como programa de gestión integral del Patrimonio Arqueológico*. Recuperado de

https://www.academia.edu/3016171/La_Arqueolog%C3%ADa_del_Paisaje_como_programa_de_gesti%C3%B3n_integral_del_Patrimonio_Arqueol%C3%B3gico

Domingo, M., & Muña, I. (2011). *Criterios de intervención en el patrimonio arquitectónico del siglo XX*. Madrid: Ministerio de Cultura, Secretaría General Técnica, Subdirección General del Instituto del Patrimonio Cultural de España.

Dore, C., & Murphy, M. (2012, septiembre). *Integration of Historic Building Information Modeling (HBIM) and 3D GIS for recording and managing cultural heritage sites*. (pp. 369-376). <https://doi.org/10.1109/VSM2012.6365947>

Eseverri, A. (2017, marzo 15). Niveles de desarrollo (LOD) y su importancia en Revit.

Recuperado 5 de junio de 2019, de MundoBIM website: <https://mundobim.com/2017/03/level-of-development-lod-bim/>

Eseverri, A. (2018, abril 2). ¿Qué es BIM? Recuperado 5 de junio de 2019, de MundoBIM website: <https://mundobim.com/2018/04/que-es-bim/>

Fornos, R. (2012). *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. Alemania. Copernicus Publications.

Garber, R. (2014). *BIM Design: Realising the Creative Potential of Building Information Modelling*. New Jersey: John Wiley & Sons.

Guglielmino, M. (2007). *La difusión del patrimonio. Actualización y debate*. Recuperado de <http://dialnet.unirioja.es/servlet/oaiart?codigo=4013022>

Hernández, M. G., Vaquero, M. de la C., & García, M. D. C. M. (2011). Capacidad de carga turística y espacios patrimoniales. Aproximación a la estimación de la capacidad de carga del conjunto arqueológico de Carmona (Sevilla, España). *BAGE*, 0(57). Recuperado de <https://www.age-geografia.es/ojs/index.php/bage/article/view/1382>

Herráez, J. A. (2015). *Fundamentos de conservación preventiva*. 12. Madrid. Dpto. de Conservación Preventiva Área de Investigación y Formación.

ICOMOS. (1999a). *Carta del patrimonio vernáculo construido 1999*. Recuperado de <http://www.planmaestro.ohc.cu/recursos/papel/cartas/1999-vernaculo.pdf>

ICOMOS. (1999b). *Carta Internacional sobre Turismo Cultural (La gestión del turismo en los sitios con patrimonio significativo) 1999*. Recuperado de <http://www.planmaestro.ohc.cu/recursos/papel/cartas/1999-turismo.pdf>

ICOMOS, Sr. D. Piero Gazzola (Italia), Presidente, Sr. D. Raymond Lemaire (Bélgica), Ponente, Sr. D. José Bassegoda-Nonell (España), Sr. D. Luis Benavente (Portugal), Sr. D. Djurdje Boskovic (Yugoslavia), ... Mustafa S. Zbiss (Túnez). (1964). *Carta de Venecia 1964. Carta internacional sobre la conservación y la restauración de monumentos y sitios*. Recuperado de <http://www.planmaestro.ohc.cu/recursos/papel/cartas/1964-venecia.pdf>

Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico. (2013). *Revista PH: Revista del IAPH para profesionales e investigadores del patrimonio cultural*. Sevilla. Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico.

Jimenez Abós, P. (2014). *No es broma, la metodología BIM viene a sustituir a la forma de trabajar hasta ahora [Metodologías BIM]*. Recuperado 22 de junio de 2018, de Certificacionpm® website: <http://www.certificacionpm.com/no-es-broma-la-metodologia-bim-viene-a-sustituir/>

M. Aubin, P. (2013). *Renaissance Revit: Creating Classical Architecture with Modern Software*. Oak Lawn, Estados Unidos: G3B Press.

Moore, G. (2000). *Crossing the Chasm: Marketing and Selling Technology Products to Mainstream Customers* (Capstone Publishing Ltd). Oxford, Reino Unido: John Wiley and Sons Ltd.

Nieto, J., & Moyano, J. (2014). El Estudio Paramental en el Modelo de Información del Edificio Histórico o “Proyecto HBIM”. *Virtual Archaeology Review*, 5, 73.
<https://doi.org/10.4995/var.2014.4183>

Nieto, J., Moyano, J., Delgado, F., & Antón, D. (2016). Management of built heritage via HBIM Project: A case study of flooring and tiling. *Virtual Archaeology Review*, 7, 1.
<https://doi.org/10.4995/var.2015.4349>

Pocobelli, D. P. (2015). *Can heritage be high-tech?* Presentado en UCL, Londres, Reino Unido.

Pocobelli, D. P., Boehm, J., Bryan, P., Still, J., & Grau-Bové, J. (2018). BIM for heritage science: A review. *Heritage Science*, 6, 30. <https://doi.org/10.1186/s40494-018-0191-4>

Rangel, R. L. (2003). *El rebasamiento cognoscitivo en la investigación urbana latinoamericana*. Mexico.

S. Jiménez, C., & Candelera, M. Á. R. (2008a). *La Investigación sobre Patrimonio Cultural* (RTPHC / CSIC). Recuperado de http://digital.csic.es/bitstream/10261/14047/3/almagro_navarro_orihuela_metodologia.pdf

S. Jiménez, C., & Candelera, M. Á. R. (2008b). *La Investigación sobre Patrimonio Cultural*. España: RTPHC / CSIC.

Succar, B. (2009). Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders. *Automation in Construction*, 18(3), 357-375.
<https://doi.org/10.1016/j.autcon.2008.10.003>

Succar, B. (2015a). BIM ThinkSpace: Episode 22: The Wedge and the S-Curve. Recuperado 12 de agosto de 2019, de <https://www.bimthinkspace.com/2015/02/episode-22-the-wedge-and-the-s-curve.html>

Succar, B. (2015b). BIM ThinkSpace: Episode 24: Understanding Model Uses. Recuperado 30 de julio de 2019, de <https://www.bimthinkspace.com/2015/09/episode-24-understanding-model-uses.html>

Succar, B. (2015c). Difusión BIM Descendente, Ascentente o Radial. Recuperado 29 de julio de 2019, de BIM ThinkSpace website: <https://www.bimthinkspace.com/2015/11/difusi%C3%B3n-bim-descendente-ascentente-o-radial.html>

Succar, B. (2015d). El índice de madurez BIM. Recuperado 25 de julio de 2019, de BIM ThinkSpace website: <https://www.bimthinkspace.com/2015/05/el-%C3%ADndice-de-madurez-bim.html>

Tommasi, C., Achille, C., & Fassi, F. (2016). From point cloud to BIM: A modelling challenge in the cultural heritage field. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLI-B5, 429-436.
<https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XLI-B5-429-2016>

UNESCO. (1972). *Textos basicos de la Convención del Patrimonio Mundial de 1972*. Recuperado de <http://whc.unesco.org/uploads/activities/documents/activity-562-2.pdf>

UNESCO. (2013). *Managing Cultural World Heritage*. UNESCO. Recuperado de <https://whc.unesco.org/document/125839>

UNESCO. (2014). *Indicadores UNESCO de cultura para el desarrollo: Manual metodológico* (UNESCO). Paris.

Viñals, M. J., Morant, M., & Teruel, L. (2014). Confort psicológico y experiencia turística. Casos de estudio de espacios naturales protegidos de la Comunidad Valenciana (España). *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, (65). <https://doi.org/10.21138/bage.1754>

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: Interpretación propia del cuadro de tipologías de fuentes documentales de Saint-Georges (1997).

FIGURA 2: Torre Eiffel, Paris, sin autor. Fuente: <https://www.toureiffel.paris/es/el-monumento/historia>

FIGURA 3: Imagen de PetroBIM para la recuperación del Claustro de Pamplona. Autor: Alberto Armisen Fernández, alberto@controlbim.com

FIGURA 4: Montaje de la ciudad de Ayacucho, Perú. Fuente : María Pascual, BIM manager de C95 Creative y redactora del proyecto, Mariapascual@c95creative.com

FIGURA 5: esquema de la dinámica de la gestión patrimonial de M. Guglielmino; Fuente: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/41744/documento_completo.pdf?sequence=1

FIGURA 6: Interoperabilidad BIM vs proyectos 2D; Fuente: <https://www.gruponym.mx/Blog/tag/bim/>

FIGURA 7: Software No-BIM, Fuente: <http://www.espacioleanbim.com/episodio-2-el-foco-en-modeling/>

FIGURA 8: Marco de trabajo BIM: las tres dimensiones; Fuente: <https://bim6d.es/blog/>

FIGURA 9: Diagrama de Venn para modelo de responsabilidades de difusión e Interoperabilidad de los Campos BIM; Fuente: <https://www.bimthinkspace.com/2015/05/episode-23-stakeholders-role-in-macro-bim-diffusion.html>

FIGURA 10: Etapas BIM; Fuente: <https://www.bimthinkspace.com/2015/05/el-%C3%ADndice-de-madurez-bim.html>

FIGURA 11: Fases del ciclo de vida del Proyecto. Etapa BIM 1; Fuente: <http://www.espacioleanbim.com/episodio-10-efecto-del-bim-las-fases-del-ciclo-vida-proyecto>

FIGURA 12: Fases del ciclo de vida del Proyecto. Etapa BIM 2 Fuente: <http://www.espacioleanbim.com/episodio-10-efecto-del-bim-las-fases-del-ciclo-vida-proyecto>

FIGURA 13: Fases del ciclo de vida del Proyecto. Etapa BIM 3 Fuente:

<http://www.espacioleanbim.com/episodio-10-efecto-del-bim-las-fases-del-ciclo-vida-proyecto>

FIGURA 14: Niveles de madurez BIM basados en la Etapa BIM 1; Fuente:

<https://www.bimthinkspace.com/2015/05/el-%C3%ADndice-de-madurez-bim.html>

FIGURA 15: Modelo de áreas de difusión del BIM; Fuente:

<https://www.bimframework.info/2015/05/diffusion-areas.html>

FIGURA 16: Lentes BIM según el modelo tri axial. Fuente:

<https://www.bimframework.info/2013/12/bim-lenses.html>

FIGURA 17: Dimensiones del BIM; Fuente: <https://www.obrasurbanas.es/bim6d-sexta-dimension-bim-eficiencia/>

FIGURA 18: Información del proyecto, de desestructurado a integrado. Fuente:

<https://www.bimthinkspace.com/2015/09/episode-24-understanding-model-uses.html>

FIGURA 19: Esquema gráfico de desarrollo niveles LOD 000 a LOD 300, Fuente :

https://www.researchgate.net/publication/283570424_BIM_Building_Information_Modelling_New_LOD_definitions_Level_of_Development_for_LOD000_to_LOD600_and_LOD_X00

FIGURA 20: Esquema gráfico de desarrollo niveles LOD 400 a LOD X00; Fuente:

https://www.researchgate.net/publication/283570424_BIM_Building_Information_Modelling_New_LOD_definitions_Level_of_Development_for_LOD000_to_LOD600_and_LOD_X00

FIGURA 21:: Formas de compartir los datos en BIM; Fuente:

<http://www.espacioleanbim.com/episodio-5-metodologias-para-compartir-datos-bim/>

FIGURA 22: Curva de Esfuerzo/Tiempo de Patrick Mac Leamy, Fuente:

<http://www.suma.pe/2014/08/01/beneficios-del-bim-en-el-diseno-de-proyectos>

FIGURA 23: Modelo de madurez BIM en UK, Fuente:

<https://www.bimthinkspace.com/2015/02/episode-22-the-wedge-and-the-s-curve.html>

FIGURA 24: Cruzando el Abismo, de Geoffrey Moore, Fuente:

<http://www.espacioleanbim.com/episodio-8-comprender-las-etapas-bim/>

FIGURA 25: Escudo de San Andrés de Cornellana tratada con PetroBIM. Autor: Alberto Armisen Fernández, alberto@controlbim.com

FIGURA 26: Análisis arquitectónico de la Iglesia de Santiago de Burgo en Zamora, España.;

Fuente : <https://www.buildingsmart.es/bim/gu%C3%ADas-ubim/>

FIGURA 27: Sección y planta de la cubierta de Notre-Dame, Fuente:

<https://www.metalocus.es/es/noticias/el-papel-de-la-tecnologia-en-la-reconstruccion-de-notre-dame-de-paris>

FIGURA 28: Modelo tridimensional de la catedral de Notre-Dame mediante escaneo laser.:

<https://www.metalocus.es/es/noticias/el-papel-de-la-tecnologia-en-la-reconstruccion-de-notre-dame-de-paris>

FIGURA 29: Colaboradores de Le Corbusier en Studio 35 rue de Sèvres en París; Fuente:

<https://blogfundacion.arquia.es/2017/07/del-paralex-al-grasshopper/>

FIGURA 30: Modelo BIM de la catedral de Notre-Dame.; Fuente:

<https://www.metalocus.es/es/noticias/el-papel-de-la-tecnologia-en-la-reconstruccion-de-notre-dame-de-paris>

FIGURA 31: Montaje de un modelado BIM sobre Patrimonio edificado; Fuente:

<https://www.institutotecnologico.es/curso/4264/REVIT-MODELIZACION-DE-EDIFICOS-BUILDING-INFORMATION-MODELING-BIM-PRESENCIAL/>

FIGURA 32: Simulación reconstructiva y documentación CAD de la iglesia de San Jerónimo en 1535. España: Fuente: <https://www.aopandalucia.es>

FIGURA 33: Modelo BIM creado a través de nube de puntos.; Fuente:

https://www.researchgate.net/publication/262142033_Jeddah_Historical_Building_Information_Modeling

FIGURA 34: Nube de puntos de la Iglesia de Sta. María de Portonovo; Fuente:

<https://www.semanticscholar.org/paper/FROM-TLS-TO-HBIM.-HIGH-QUALITY-SEMANTICALLY-AWARE-Quattrini-Malinverni/f0e3f5c97dbc378daa4721331fcd3e876d999087>

FIGURA 35: Creación de modelo BIM a través de una estrategia bidimensional. Iglesia de Sta. María de Constantinopla, Italia.; Fuente:

https://www.researchgate.net/publication/330769429_SCAN-TO-BIM_vs_3D_IDEAL_MODEL_HBIM_PARAMETRIC_TOOLS_TO_STUDY_DOMES_GEOMETRY

FIGURA 36: Modelo BIM Del remate de la Catedral de S. Cristóbal, España; Autor: Francisco Pinto Puerto, Fuente: Digital models applied to the intervention of the architectural heritage: Restoration Southeast closing of the door of San Cristobal Cathedral of Seville

FIGURA 37: Modelo BIM LOD (300) de la Iglesia de Sta María La Real de Mave. España;

Fuente:

<http://www.studioseed.net/blog/software-blog/bim-software/reconstruir-el-patrimonio-arquitectonico-con-cloudpoint-y-bim/>

FIGURA 38: Modelo BIM LOD (500) de la Iglesia de Sta María La Real de Mave. España;

Fuente: <http://www.studioseed.net/blog/software-blog/bim-software/reconstruir-el-patrimonio-arquitectonico-con-cloudpoint-y-bim/>

FIGURA 39: Modelado BIM de la ciudad de Ayacucho, Perú; Fuente: María Pascual, BIM manager de C95 Creative y redactora del proyecto, Mariapascual@c95creative.com

FIGURA 40: Desarrollo del modelo de modelos de la ciudad de Ayacucho, Perú; Fuente: María Pascual, BIM manager de C95 Creative y redactora del proyecto, Mariapascual@c95creative.com

FIGURA 41: Mapeado virtual del casco histórico de Ayacucho mediante Dron (UAV); Fuente : María Pascual, BIM manager de C95 Creative y redactora del proyecto, Mariapascual@c95creative.com

FIGURA 42: Tabla de planificación del proceso de digitalización; Fuente : María Pascual, BIM manager de C95 Creative y redactora del proyecto, Mariapascual@c95creative.com

FIGURA 43.: Nube de puntos del dron (UAV) de la ciudad de Ayacucho; Fuente : María Pascual, BIM manager de C95 Creative y redactora del proyecto, Mariapascual@c95creative.com

FIGURA 44 : Modelado obtenido de la nube de puntos; Fuente : María Pascual, BIM manager de C95 Creative y redactora del proyecto, Mariapascual@c95creative.com

FIGURA 45 : Tabla de clasificación de singularidades del catálogo urbano; Fuente : María Pascual, BIM manager de C95 Creative y redactora del proyecto, Mariapascual@c95creative.com

FIGURA 46: Modelo + nube de puntos + información (Naviswork), Ayacucho; Fuente : María Pascual, BIM manager de C95 Creative y redactora del proyecto, Mariapascual@c95creative.com

FIGURA 47 Modelo BIM completo de la ciudad de Ayacucho; Fuente : María Pascual, BIM manager de C95 Creative y redactora del proyecto, Mariapascual@c95creative.com

FIGURA 48: Levantamiento de una iglesia para la creación del catálogo urbano; Fuente : María Pascual, BIM manager de C95 Creative y redactora del proyecto, Mariapascual@c95creative.com

FIGURA 49: Vista del Patio Sur de San Juan del Hospital de Valencia; Fuente: Escuela superior de arquitectura de Alcalá, “El estudio del patrimonio arquitectónico medieval a partir de la metodología HBIM. “2016. <http://www.ega2016.com/>

FIGURA 50: Hitos turísticos destacados con mayor valor de atracción en el ámbito de actuación; Fuente: Escuela superior de arquitectura de Alcalá, “El estudio del patrimonio arquitectónico medieval a partir de la metodología HBIM. “2016. <http://www.ega2016.com/>

FIGURA 51: Itinerario ideal de vista con los puntos de mayor interés; Fuente: Escuela superior de arquitectura de Alcalá, “El estudio del patrimonio arquitectónico medieval a partir de la metodología HBIM. “2016. <http://www.ega2016.com/>

FIGURA 52: Plano de superficies de zonas SNUR; Fuente: Escuela superior de arquitectura de Alcalá, “El estudio del patrimonio arquitectónico medieval a partir de la metodología HBIM. “2016. <http://www.ega2016.com/>

